

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H04B 7/08

H01Q 3/26

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99811726.9

[43] 公开日 2001 年 11 月 14 日

[11] 公开号 CN 1322414A

[22] 申请日 1999.8.2 [21] 申请号 99811726.9

[30] 优先权

[32] 1998.8.5 [33] JP [31] 221810/1998

[86] 国际申请 PCT/JP99/04173 1999.8.2

[87] 国际公布 WO00/08777 日 2000.2.17

[85] 进入国家阶段日期 2001.4.3

[71] 申请人 三洋电机株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 土居义晴 饭沼敏范

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

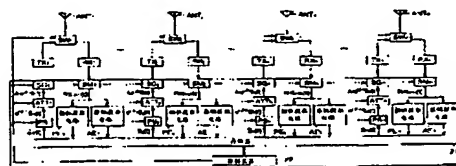
代理人 王 勇 叶恺东

权利要求书 11 页 说明书 78 页 附图页数 69 页

[54] 发明名称 无线装置及其校准方法

[57] 摘要

自适应阵列无线基站包括 3 个以上的天线振子 ($ANT_j (j=1, 2, \dots, n)$) 和信号处理电路(20)。在校准时,根据从各个传输系统送出的已知信号和各个传输系统中测定的接收信号,来估计各传输系统的发送接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差。根据该估计结果来设定移相器 (PS_j) 的相位旋转量和衰减器 (ATT_j) 的振幅变动量。由此,提供不设置特别的测定电路而用简单且价格便宜的结构就可以进行发送接收电路的传输特性的校准的无线装置和校准方法。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种无线装置, 可进行传输特性的校准, 包括:

n (n 为 $n \geq 3$ 的整数) 个信号传输系统, 各个系统包括天线 (ANT)、共用所述天线的发送电路 (TX) 和接收电路 (RX);

5 控制部件 (22), 在校准时, 进行控制, 使得从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路发送已知信号, 并且用所述 n 个信号传输系统的多个信号传输系统的所述接收电路来接收所述被发送的信号;

10 信号处理部件 (PE、AE), 被设置在各所述信号传输系统中, 对该信号传输系统的所述接收电路接收到的信号使用所述已知信号来进行规定的信号处理;

存储部件 (21), 存储由所述信号传输系统的所述多个信号传输系统中的所述信号处理部件获得的信号; 和

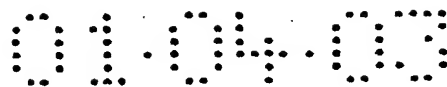
15 运算装置 (22), 根据所述存储部件中存储的信号, 通过使信号分别通过所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路, 来计算有关该信号中产生的相位旋转量和振幅变动量的至少其中一个的信息。

2. 如权利要求 1 所述的无线装置, 还包括校准部件 (PS、ATT), 根据所述运算部件计算出的信息, 进行相位旋转量和振幅变动量的至少其中一个的校准, 使得所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路之间的相位旋转量的差和振幅变动量的差的至少一个为 0。

25 3. 如权利要求 1 所述的无线装置, 还包括校准部件 (ATT), 根据所述运算部件计算出的信息, 进行振幅变动量的校准, 使得所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路之间的振幅变动量的差在所述 n 个信号传输系统之间彼此相等。

4. 如权利要求 1 所述的无线装置, 所述控制部件进行控制, 使得用所述 n 个信号传输系统的所有所述接收电路来接收从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路发送的所述已知信号。

30 5. 如权利要求 1 所述的无线装置, 所述控制部件进行控制, 使得在所述 n 个信号传输系统中用除了发送所述已知信号的该信号传输系统以外的信号传输系统的所述接收电路来接收从所述 n 个信号传输系



统的各个所述发送电路发送的所述已知信号。

6. 如权利要求 1 的无线装置，所述控制部件依次地进行从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路的所述信号的发送。

7. 如权利要求 5 所述的无线装置，所述控制部件同时进行从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路的所述信号的发送。

8. 如权利要求 6 所述无线装置，所述信号处理部件包括：

将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件 (MP)；
和

10 提取由所述除法获得的各个信号的相位分量和振幅分量的部件 (SP)；

所述运算部件包括：

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和所述信号传输系统的各个所述信号
15 处理部件提取的所述相位分量组成的第一联立一次方程式的部件；

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和所述信号传输系统的各个所述信号处理部件提取的所述振幅分量组成的第二联立一次方程式的部件；以及

20 解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

9. 如权利要求 6 所述无线装置，所述信号处理部件包括：

25 将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件 (MP)；
和

计算由所述除法获得的各个信号的自然对数，并且分离成虚数部分和实数部分的部件 (SP)；

所述运算部件包括：

30 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件；

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

5 解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

10. 如权利要求 6 所述无线装置，所述信号处理部件包括：

10 计算从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号的自然对数，并且分离成虚数部分和实数部分的部件（SP）；

进行从所述分离出的虚数部分中减去计算所述已知信号的自然对数的信号的虚数部分的第一减法部件（SA）；和

15 进行从所述分离出的实数部分中减去计算所述已知信号的自然对数的信号的实数部分的第二减法部件（SB）；

所述运算部件包括：

20 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件的所述第一减法运算得到的虚数部组成的第一联立一次方程式的部件；

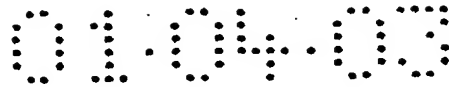
导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件的所述第二减法运算得到的实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

25 解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

11. 如权利要求 6 所述的无线装置，所述信号处理部件的所述规定的信号处理包括信号的时间平均处理。

30 12. 如权利要求 11 所述的无线装置，所述信号处理部件包括：

将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件（MP）；



对由所述除法得到的各个信号进行时间平均的部件 (TA); 和
计算所述各个时间平均信号的自然对数, 并且分离成虚数部分和
实数部分的部件 (SP);

所述运算部件包括:

5 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路
的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信
号处理部件分离的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件;

10 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路
的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信
号处理部件分离的所述实数部组成的第二联立一次方程式的部件; 以
及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式, 计算作为所
述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部
件。

15 13. 如权利要求 11 所述的无线装置, 所述信号处理部件包括:

将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统
的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件 (MP);

提取由所述除法得到的各个信号的相位分量和振幅分量的部件
(SP); 和

20 对所述提取出的各个相位分量和振幅分量进行时间平均的部件
(TA);

所述运算部件包括:

25 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路
的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信
号处理部件时间平均的所述相位分量组成的第一联立一次方程式的
部件;

30 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路
的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信
号处理部件时间平均的所述振幅分量组成的第二联立一次方程式的
部件; 以及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式, 计算作为所
述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部

件。

14. 如权利要求 11 所述的无线装置, 所述信号处理部件包括:

将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件 (MP);

5 计算由所述除法获得的各个信号的自然对数, 并且分离成虚数部分和实数部分的部件 (SP); 和

对所述分离出的各个虚数部分和实数部分进行时间平均的部件 (TA);

所述运算部件包括:

10 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件时间平均的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件;

15 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件时间平均的所述实数部组成的第二联立一次方程式的部件; 以及

20 解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式, 计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

15. 如权利要求 11 所述的无线装置, 所述信号处理部件包括:

将从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号除以所述已知信号的部件 (MP);

计算由所述除法得到的各个信号的自然对数的部件 (LC);

25 对计算出所述自然对数的信号进行时间平均的部件 (TA); 和

将所述时间平均过的信号分离成虚数部分和实数部分的部件 (IQ);

所述运算部件包括:

30 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件;

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路

的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

16. 如权利要求 11 所述的无线装置，所述信号处理部件包括：

计算从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号的自然对数，并且分离成虚数部分和实数部分的部件（SP）；

对所述分离出的各个虚数部分和实数部分进行时间平均的部件（TA）；

从所述时间平均过的虚数部分中进行减去计算所述已知信号的自然对数的信号的虚数部分的第一减法的部件（SA）；和

从所述时间平均过的实数部分中进行减去计算所述已知信号的自然对数的信号的实数部分的第二减法的部件（SB）；

所述运算部件包括：

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件第一减法运算得到的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件；

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件的所述第二减法运算得到的实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

17. 如权利要求 11 所述的无线装置，所述信号处理部件包括：

计算从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号的自然对数的部件（LC）；

对计算出所述自然对数的信号进行时间平均的部件（TA）；

将所述时间平均过的信号分离成虚数部分和实数部分的部件 (IQ)；

从所述分离出的虚数部分中进行减去计算所述已知信号的自然对数的信号的虚数部分的第一减法的部件 (SA)；和

5 从所述分离出的实数部分中进行减去计算所述已知信号的自然对数的信号的实数部分的第二减法的部件 (SB)；

所述运算部件包括：

10 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件的所述第一减法运算得到的虚数部组成的第一联立一次方程式的部件；

15 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件的所述第二减法运算得到的实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

20 18. 如权利要求 1 所述的无线装置，所述信号处理部件的所述规定的信号处理包括信号的相关处理。

19. 如权利要求 18 所述的无线装置，所述信号处理部件包括：

对从所述信号传输系统的各个所述发送电路用该信号传输系统的所述接收电路接收到的各个信号进行相关处理的部件 (CR)；和

25 计算由所述相关处理得到的各个信号的自然对数，并且分离成虚数部分和实数部分的部件 (SP)；

所述运算部件包括：

导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关相位旋转量的未知变量、和由所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述虚数部组成的第一联立一次方程式的部件；

30 导出由所述信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路的有关振幅变动量的未知变量、和所述信号传输系统的各个所述信号处理部件分离的所述实数部组成的第二联立一次方程式的部件；以及

解所述第一联立一次方程式和第二联立一次方程式，计算作为所述未知变量的有关所述相位旋转量和所述振幅变动量的信息的部件。

20. 如权利要求 5 所述的无线装置，还包括这样的部件，对各所述信号传输系统偏移所述相位旋转量的差和所述振幅变动量的差，使得各所述信号传输系统的所述发送电路和所述接收电路的各个相位旋转量的差在所述 n 个信号传输系统之间彼此不同，并且各所述信号传输系统的所述发送电路和所述接收电路的各个振幅变动量的差在所述 n 个信号传输系统之间彼此不同。

10 21. 如权利要求 8、9、10、12、15、16 或 17 所述的无线装置，在构成各所述联立一次方程式的方程式的数比计算所述未知变量所需的方程式的数多时，所述运算部件选择用更高精度导出的方程式，用于所述未知变量的计算。

15 22. 如权利要求 21 所述的无线装置，所述运算部件用构成各所述联立一次方程式的方程式中的未选择的方程式来检验使用选择的方程式计算出的变量。

23. 如权利要求 2 或 3 所述的无线装置，还包括根据输入到各所述信号传输系统的所述发送电路或所述接收电路中的信号的功率，通过所述校准部件来校正所述校准量。

20 24. 一种校准方法，用于配有天线 (ANT)、各自包括共用所述天线的发送电路 (TX) 和接收电路 (RX) 的 n (n 为 $n \geq 3$ 的整数) 个信号传输系统的无线装置，该方法包括：

25 在校准时进行控制的步骤，使得从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路接收已知信号，并且用所述 n 个信号传输系统的多个信号传输系统的所述接收电路来接收所述发送的信号；

在每个所述信号传输系统中对用所述接收电路接收的信号使用所述已知信号来进行规定的信号处理的步骤；

存储所述信号传输系统的所述多个信号传输系统的所述信号处理的结果所得的信号；

30 根据所述存储的信号，通过使信号分别通过所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路，来计算该信号产生的有关相位旋转量和振幅变动量的至少其中一个的信息的步骤；和

根据计算出的信息，进行校准所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路和所述接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差的至少一个的步骤。

25. 如权利要求 24 所述的校准方法，进行所述控制的步骤包括进行控制，使得可用所述 n 个信号传输系统的所有所述接收电路来接收从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路发送的所述已知信号的步骤。

26. 如权利要求 24 所述的校准方法，进行所述控制的步骤包括进行控制，使得在所述 n 个信号传输系统中用除了发送已知信号的该信号传输系统以外的信号传输系统的所述接收电路来接收从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路发送的所述已知信号的步骤。

27. 如权利要求 24 所述的校准方法，进行所述控制的步骤包括从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路依次地进行所述信号的发送的步骤。

28. 如权利要求 26 所述的校准方法，进行所述控制的步骤包括从所述 n 个信号传输系统的各个所述发送电路同时进行所述信号的发送的步骤。

29. 如权利要求 27 所述校准方法，进行所述规定的信号处理的步骤包括进行信号的时间平均处理的步骤。

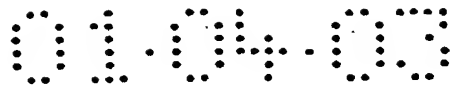
30. 如权利要求 24 所述的校准方法，进行所述规定的信号处理的步骤包括进行信号的相关处理的步骤。

31. 如权利要求 26 所述的校准方法，还包括在各所述信号传输系统中对所述相位旋转量之差和所述振幅变动量之差进行偏移的步骤，使得各所述信号传输系统的所述发送电路和所述接收电路的各个相位旋转量之差在所述 n 个信号传输系统之间相互不同，并且各所述信号传输系统的所述发送电路和所述接收电路的各个振幅变动量之差在所述 n 个信号传输系统之间相互不同。

32. 如权利要求 24 所述的校准方法，还包括根据各所述信号传输系统的所述发送电路或所述接收电路输入的信号的功率，通过进行所述校准的步骤来校正所述校准量的步骤。

33. 一种无线装置，可进行传输特性的校准，它还包括：

配有 4 个信号传输系统，各个信号传输系统包括天线振子 (ANT)、



共用所述天线振子的发送电路 (TX) 和接收电路 (RX)，所述 4 个信号传输系统的各个所述天线振子被分别配置，使得处于正方形的顶点上；

从所述 4 个信号传输系统的各个所述发送电路发送初始相位固定的信号，用除了发送了所述信号的该信号传输系统以外的其余的信号传输系统的所述接收电路来接收所述信号，对每个接收到的所述信号传输系统测定从所述信号的发送开始至接收的相位旋转量的部件；

根据所述测定的相位旋转量，对在所述正方形上相邻的 2 个信号传输系统的组合计算所述接收电路之间的相位旋转量之差的部件；

通过将所述 4 个信号传输系统的其中某一个的所述接收电路的相位旋转量设置为规定的基准值，来计算其余的信号传输系统的各个接收电路的相位旋转量的部件；

根据所述测定的相位旋转量，对在所述正方形上相邻的 2 个信号传输系统的组合计算所述发送电路之间的相位旋转量之差的部件；

通过将所述 4 个信号传输系统的其中某一个的所述接收电路的相位旋转量设置为规定的基准值，来计算其余的信号传输系统的各个发送电路的相位旋转量的部件；以及

将对所述信号传输系统计算出的接收电路的相位旋转量和发送电路的相位旋转量之差作为相位校正量进行计算的部件。

34. 一种无线装置，可进行传输特性的校准，它包括：

配有 4 个信号传输系统，各个信号传输系统包括天线振子 (ANT)、共用所述天线振子的发送电路 (TX) 和接收电路 (RX)，所述 4 个信号传输系统的各个所述天线振子被分别配置，使得处于正方形的顶点上；

从所述 4 个信号传输系统的各个所述发送电路发送初始振幅固定的信号，用除了发送了所述信号的该信号传输系统以外的其余的信号传输系统的所述接收电路来接收所述信号，对每个接收到的所述信号传输系统测定从所述信号的发送开始至接收的振幅变动量的部件；

根据所述测定的振幅变动量，对在所述正方形上相邻的 2 个信号传输系统的组合计算所述接收电路之间的振幅变动量之差的部件；

通过将所述 4 个信号传输系统的其中某一个的所述接收电路的振幅变动量设置为规定的基准值，来计算其余的信号传输系统的各个接

收电路的振幅变动量的部件；

根据所述测定的振幅变动量，对在所述正方形上相邻的 2 个信号传输系统的组合计算所述发送电路之间的振幅变动量之差的部件；

- 5 通过将所述 4 个信号传输系统的其中某一个的所述接收电路的振幅变动量设置为规定的基准值，来计算剩余的信号传输系统的各个发送电路的振幅变动量的部件； 以及

将对所述信号传输系统计算出的接收电路的振幅变动量和发送电路的振幅变动量之差作为振幅校正量进行计算的部件。

说明书

无线装置及其校准方法

技术领域

5 本发明涉及无线装置及其校准方法，特别涉及自适应阵列无线基站中使用的无线装置及其校准方法。

背景技术

近年来，作为便携式电话等移动通信系统的无线基站，使用阵列天线的自适应阵列（adaptive array）无线基站被实用化。例如在下
10 述文献中说明了这种自适应阵列无线基站的工作原理。

B. Widrow 等人：“Adaptive Antenna Systems”，Proc. IEEE, vol. 55, No. 12, pp. 2143-2159 (Dec. 1967)。

S. P. Applebaum：“Adaptive Arrays”，IEEE Trans. Antennas & Propag., vol. AP-24, No. 5, pp. 585-598 (Sept. 1976)。

15 O. L. Frost, III：“Adaptive Least Squares Optimization Subject to Linear Equality Constraints”，SEL-70-055, Technical Report, No. 6796-2, Information System Lab., Stanford Univ. (Aug. 1970)。

B. Widrow 和 S. D. Stearns：“Adaptive Signal Processing”，
20 Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1985)。

R. A. Monzingo 和 T. W. Miller：“Introduction to Adaptive Arrays”，John Wiley & Sons, New York (1980)。

J. E. Hudson：“Adaptive Array Principles”，Peter Peregrinus Ltd., London (1981)。

25 小 R. T. Compton：“Adaptive Antennas-Concepts and Performance” Prentice-Hall, Englewood Cliffs (1988)。

E. Nicolau 和 D. Zaharia：“Adaptive Arrays”，Elsevier, Amsterdam (1989)。

图 68 是示意表示这样的自适应阵列无线基站的工作原理的模式
30 图。在图 68 中，一个自适应阵列无线基站 1 配有 n 个天线 #1、#2、#3、…、#n 组成的阵列天线 2，其电波到达范围以第一斜线区域 3 来表示。另一方面，相邻的其它无线基站 6 的电波到达范围以第二斜线

区域 7 来表示。

在区域 3 内，在作为用户 A 的终端的便携式电话 4 和自适应阵列无线基站 1 之间进行电波信号的发送接收（箭头 5）。另一方面，在区域 7 内，在作为另一用户 B 的终端的便携式电话 8 和无线基站 6 之间不进行电波信号的发送接收（箭头 9）。

其中，在用户 A 的便携式电话 4 的电波信号频率与用户 B 的便携式电话 8 的电波信号频率碰巧相等时，根据用户 B 的位置，来自用户 B 的便携式电话 8 的电波信号在区域 3 内成为不需要的干扰信号，可能混入到用户 A 的便携式电话 4 和自适应阵列无线基站 1 之间的电波信号中。

这样，在接收到来自用户 A 和 B 双方混合的电波信号的自适应阵列无线基站 1 中，如果不实施任何处理，则输出混合来自用户 A 和 B 双方的信号，从而妨碍本来应进行通话的用户 A 的通话。

在自适应阵列无线基站 1 中，为了从输出信号中除去来自该用户 B 的信号，进行如下的处理。图 69 表示自适应阵列无线基站 1 的结构示意方框图。

首先，假设来自用户 A 的信号为 $A(t)$ ，来自用户 B 的信号为 $B(t)$ ，则构成图 68 的阵列天线 2 的第 1 天线#1 中的接收信号 $x_1(t)$ 如下式表示：

$$x_1(t) = a_1 \times A(t) + b_1 \times B(t)$$

其中， a_1 、 b_1 是如下所述实时变化的系数。

其次，第 2 天线#2 中的接收信号 $x_2(t)$ 如下式表示：

$$x_2(t) = a_2 \times A(t) + b_2 \times B(t)$$

其中， a_2 、 b_2 同样也是实时变化的系数。

接着，第 3 天线#3 中的接收信号 $x_3(t)$ 如下式表示：

$$x_3(t) = a_3 \times A(t) + b_3 \times B(t)$$

其中， a_3 、 b_3 同样也是实时变化的系数。

同样，第 n 天线# n 中的接收信号 $x_n(t)$ 如下式表示：

$$x_n(t) = a_n \times A(t) + b_n \times B(t)$$

其中， a_n 、 b_n 同样也是实时变化的系数。

对于来自用户 A 的电波信号，由于构成阵列天线 2 的天线#1、#2、#3、…、# n 的各个相对位置不同（各天线之间都以电波信号波长的 5

倍、即 1 米左右的间隔来配置），所以上述系数 a_1 、 a_2 、 a_3 、 \dots 、 a_n 表示在各个天线的接收强度上产生差。

此外，上述系数 b_1 、 b_2 、 b_3 、 \dots 、 b_n 也同样表示对于来自用户 B 的电波信号，在天线#1、#2、#3、 \dots 、#n 各自的接收强度上产生差。

5 由于各用户进行着移动，所以这些系数实时变化。

由各个天线接收的信号 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ 、 $x_3(t)$ 、 \dots 、 $x_n(t)$ 通过对应的开关 10-1、10-2、10-3、 \dots 、10-n 进入到构成自适应阵列无线基站 1 的接收部 1R，被提供到加权矢量控制部 11，并且被分别提供到对应的乘法器 12-1、12-2、12-3、 \dots 、12-n 的一个输入。

10 从加权矢量控制部 11 将对各个天线中的接收信号的加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n 施加在这些乘法器的另一个输入上。如下所述，这些加权通过加权矢量控制部 11 被实时算出。

因此，天线#1 中的接收信号 $x_1(t)$ 经乘法器 12-1 变为 $w_1 \times (a_1 A(t) + b_1 B(t))$ ，天线#2 中的接收信号 $x_2(t)$ 经乘法器 12-2 变为 $w_2 \times (a_2 A(t) + b_2 B(t))$ ，天线#3 中的接收信号 $x_3(t)$ 经乘法器 12-3 变为 $w_3 \times (a_3 A(t) + b_3 B(t))$ ，而天线#n 中的接收信号 $x_n(t)$ 经乘法器 12-n 变为 $w_n \times (a_n A(t) + b_n B(t))$ 。

这些乘法器 12-1、12-2、12-3、 \dots 、12-n 的输出用加法器 13 来进行相加，其输出如下：

20
$$w_1 (a_1 A(t) + b_1 B(t)) + w_2 (a_2 A(t) + b_2 B(t)) + w_3 (a_3 A(t) + b_3 B(t)) + \dots + w_n (a_n A(t) + b_n B(t))$$

如果将其分成与信号 $A(t)$ 相关的项和与信号 $B(t)$ 相关的项，则变为：

25
$$(w_1 a_1 + w_2 a_2 + w_3 a_3 + \dots + w_n a_n) A(t) + (w_1 b_1 + w_2 b_2 + w_3 b_3 + \dots + w_n b_n) B(t)$$

其中，如下所述，自适应阵列无线基站 1 识别用户 A、B，计算上述加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n ，使得可以仅提取来自期望用户的信号。例如，在图 69 的例中，加权矢量控制部 11 为了仅提取来自本来应通话的用户 A 的信号 $A(t)$ ，将系数 a_1 、 a_2 、 a_3 、 \dots 、 a_n 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 \dots 、 b_n 当作常数，信号 $A(t)$ 的系数整体为 1，计算加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n ，使得信号 $B(t)$ 的系数整体为 0。

即，加权矢量控制部 11 通过解下述联立一次方程式，实时计算

使信号 $A(t)$ 的系数为 1、信号 $B(t)$ 的系数为 0 的加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n :

$$w_1a_1 + w_2a_2 + w_3a_3 + \dots + w_n a_n = 1$$

$$w_1b_1 + w_2b_2 + w_3b_3 + \dots + w_n b_n = 0$$

- 5 该联立一次方程式的解法说明虽被省略，但如在前面列举的文献中所述的众所周知的那样，目前在自适应阵列无线基站中已经被实用化。

这样，通过设定加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n ，加法器 13 的输出信号变为如下那样：

10 输出信号 $= 1 \times A(t) + 0 \times B(t) = A(t)$

再有，上述用户 A、B 的识别如下进行。图 70 表示便携式电话的电波信号的帧结构的示意图。便携式电话的电波信号大致由无线基站已知的信号序列组成的前置码、和无线基站未知的信号序列组成的数据（声音等）构成。

- 15 前置码的信号序列包括用于辨别该用户对于无线基站来说是否是应通话的期望用户的信息的信号序列。自适应阵列无线基站 1 的加权矢量控制部 11（图 69）对从存储器 14 中取出的用户 A 对应的训练信号和接收的信号序列进行对比，进行加权矢量控制（加权的决定），使得可抽出被认为包括与用户 A 对应的信号序列的信号。这样抽出的
- 20 用户 A 的信号作为输出信号 $S_{RX}(t)$ 从自适应阵列无线基站 1 输出到外部。

- 另一方面，在图 69 中，来自外部的输入信号 $S_{TX}(t)$ 输入到构成自适应阵列无线基站 1 的发送部 1T，被提供给乘法器 15-1、15-2、15-3、 \dots 、15-n 的一个输入。对这些乘法器的另一个输入分别复制并
- 25 施加加权矢量控制部 11 根据接收信号算出的加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n 。

这些由乘法器加权过的输入信号通过对应的开关 10-1、10-2、10-3、 \dots 、10-n 被送到对应的天线 #1、#2、#3、 \dots 、#n，发送到图 66 的区域 3 内。

- 30 其中，在用与接收时相同的阵列天线 2 发送的信号中，由于与接收信号同样进行以用户 A 为目标的加权，所以发送的电波信号好象对用户 A 具有指向性那样被用户 A 的便携式电话 4 接收。图 71 是将这

样的用户 A 和自适应阵列无线基站 1 之间的电波信号的授受图像化的图。实际上，与表示电波到达范围的图 68 的区域 3 进行对比，如图 71 的假设区域 3a 所示的那样，从自适应阵列无线基站 1 以用户 A 的便携式电话 4 作为目标，将附带方向性的电波信号传播状态图像化。

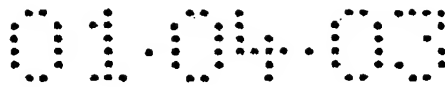
但是，为了在期望的用户和自适应阵列无线基站 1 之间实现附带这种方向性的电波信号的发送接收，在自适应阵列无线基站 1 中必须严密地计算加权 w_1 、 w_2 、 w_3 、 \dots 、 w_n ，用接收部 1R 和发送部 1T 对接收信号和发送信号进行同等地加权。但是，例如即使完全进行加权的控制，对接收信号来说，发送信号的传输特性变化，仍然有不能向目标传播发送信号的情况。

例如，在图 69 所示的自适应阵列无线基站 1 中，开关 10-1、10-2、10-3、 \dots 、10-n 和接收部 1R 对应的乘法器 12-1、12-2、12-3、 \dots 、12-n 之间的距离与开关 10-1、10-2、10-3、 \dots 、10-n 和发送部 1T 对应的乘法器 15-1、15-2、15-3、 \dots 、15-n 之间的距离通常并不完全相同。如果在这些距离上有差，则在各天线发送接收的接收信号和发送信号之间可能产生相位旋转量的差、振幅变动量的差等，从而在作为目标的用户和自适应阵列无线基站之间不能进行具有良好的方向性的电波信号的发送接收。

虽然在图 69 中未示出，但通常开关 10-1、10-2、10-3、 \dots 、10-n 和接收部 1R 对应的乘法器之间的路径分别包括必要的接收电路，这些开关和发送部 1T 的对应乘法器之间的路径分别包括必要的发送电路。因此，根据构成这些电路的放大器、滤波器等特性，在各天线发送接收的接收信号和发送信号之间也可能产生相位旋转量的差、振幅变动量的差等。

因此，在自适应阵列无线基站 1 中，必须对构成阵列天线 2 的各天线测定接收电路的相位旋转量、振幅变动量等的传输特性、发送电路的相位旋转量、振幅变动量等的传输特性，补偿其差。以往由于用于测定这些传输特性的测定电路被另外设置在自适应阵列无线基站中，所以存在自适应阵列无线基站的电路结构大型化和复杂化，成本也变高的问题。

本发明的目的在于提供无线装置及其校准方法，不必设置特别的测定电路而用简单低价的结构来估计接收电路和发送电路的传输特



性之差，并可以进行补偿。

发明概述

本发明涉及可进行传输特性校准的无线装置，包括 n (n 是 $n \geq 3$ 的整数) 个信号传输系统、控制装置、信号处理电路、存储器和运算电路。

n 个信号传输系统的各个系统包括天线、共用天线的发送电路和接收电路。

控制装置在校准时控制从 n 个信号传输系统的各个发送电路发送已知信号，并且用 n 个信号传输系统的多个系统的接收电路可接收发送的信号。

信号处理电路被设置在各信号传输系统中，对用该信号传输系统的接收电路接收到的信号用已知信号进行规定的信号处理。

存储器存储通过信号传输系统的多个系统中的信号处理电路获得的信号。

运算电路根据存储器存储的信号，通过信号分别通过 n 个信号传输系统的各个发送电路和接收电路来计算该信号中产生的相位旋转量和振幅变动量的至少其中一个的有关信息。

而且，本发明涉及用于无线装置的校准方法，该无线装置包括天线、各自包括共用天线的发送电路和接收电路的 n (n 是 $n \geq 3$ 的整数) 个信号传输系统，该校准方法包括控制步骤、信号处理步骤、存储步骤、运算步骤、及校准步骤。控制步骤在校准时控制从 n 个信号传输系统的各个发送电路发送已知的信号，并且用 n 个信号传输系统的多个传输系统的接收电路可接收发送的信号。信号处理步骤在各信号传输系统中对接收电路接收到的信号用已知信号来进行规定的信号处理。存储步骤存储信号传输系统的多个系统中的信号处理的结果所得的信号。运算步骤根据存储的信号，计算通过信号分别通过 n 个信号传输系统的各个发送电路和接收电路而在该信号中产生的相位旋转量和振幅变动量的至少其中一个的有关信息。校准步骤根据计算的信息来进行 n 个信号传输系统的各个发送电路和接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差的至少其中一个的校准。

附图的简要说明

图 1 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 1 基本结构主要部分

的示意方框图。

图 2 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 1 基本结构的变形例的示意方框图。

5 图 3 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 2 基本结构主要部分的示意方框图。

图 4 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 2 基本结构的变形例的示意方框图。

图 5 表示第 1 和第 2 基本结构的各部分信号的相位旋转量和振幅变动量的图。

10 图 6 表示在本发明第 1 基本结构的自适应阵列无线基站校准时信号的发送接收状态的模式图。

图 7 表示第 1 基本结构的前半部分操作的流程图。

图 8 表示第 1 基本结构的后半部分操作流程图。

图 9 表示第 1 基本结构的变形例的前半部分操作流程图。

15 图 10 表示第 1 基本结构的变形例的后半部分操作流程图。

图 11 表示本发明的第 1 基本结构的变形例的示意方框图。

图 12 表示图 11 所示的变形例的操作流程图。

图 13 表示本发明的第 1 基本结构的另一变形例的示意方框图。

图 14 表示图 13 所示的变形例的操作流程图。

20 图 15 表示本发明的第 1 基本结构的实施例 1 的方框图。

图 16 表示图 15 所示的实施例 1 的操作流程图。

图 17 表示本发明的第 1 基本结构的实施例 2 的方框图。

图 18 表示图 17 所示的实施例 2 的操作流程图。

25 图 19 表示在本发明的第 2 基本结构的自适应阵列无线基站校准时信号的发送接收状态的模式图。

图 20 表示第 2 基本结构的前半部分操作流程图。

图 21 表示第 2 基本结构的后半部分操作流程图。

图 22 表示第 2 基本结构变形例的前半部分操作流程图。

图 23 表示第 2 基本结构变形例的后半部分操作流程图。

30 图 24 表示本发明的第 2 基本结构变形例的示意方框图。

图 25 表示图 24 所示的变形例的前半部分操作流程图。

图 26 表示图 24 所示的变形例的后半部分操作流程图。

- 图 27 表示本发明的第 2 基本结构的另一变形例的示意方框图。
图 28 表示图 27 所示的变形例的前半部分操作流程图。
图 29 表示图 27 所示的变形例的后半部分操作流程图。
图 30 表示本发明的第 2 基本结构的实施例 3 的方框图。
5 图 31 表示图 30 所示的实施例 3 的操作流程图。
图 32 表示本发明的第 2 基本结构的实施例 4 的方框图。
图 33 是说明图 32 所示的实施例 4 的操作流程图。
图 34 表示本发明的实施例 5 的具体电路结构的方框图。
图 35 表示图 34 所示的实施例 5 的操作流程图。
10 图 36 表示图 35 的操作计算例行程序的流程图。
图 37 表示本发明的实施例 6 的具体电路结构的方框图。
图 38 表示本发明的实施例 7 的具体电路结构的方框图。
图 39 概括性地表示本发明的实施例 6 和实施例 7 的操作流程图。
图 40 表示图 39 的操作计算例行程序的流程图。
15 图 41 表示图 39 的操作计算例行程序的流程图。
图 42 表示本发明的实施例 8 的具体电路结构的方框图。
图 43 表示本发明的实施例 9 的具体电路结构的方框图。
图 44 表示图 39 的操作计算例行程序的流程图。
图 45 表示图 39 的操作计算例行程序的流程图。
20 图 46 表示本发明的实施例 10 的具体电路结构的方框图。
图 47 表示图 46 所示的实施例 10 的操作流程图。
图 48 表示本发明的实施例 11 的具体电路结构的方框图。
图 49 表示本发明的实施例 12 的具体电路结构的方框图。
图 50 概括性地表示本发明实施例 11 和 12 的操作流程图。
25 图 51 表示本发明的实施例 13 的具体电路结构的方框图。
图 52 表示本发明的实施例 14 的具体电路结构的方框图。
图 53 表示本发明的实施例 15 的具体电路结构的方框图。
图 54 表示图 53 所示的实施例 15 的计算例行程序流程图。
图 55 表示本发明的实施例 16 的具体电路结构的方框图。
30 图 56 是说明本发明的实施例 17 的前半部分操作流程图。
图 57 表示图 56 的操作计算例行程序流程图。
图 58 表示本发明的实施例 18 的前半部分操作流程图。

图 59 表示本发明的实施例 18 的后半部分操作流程图。

图 60 表示本发明的实施例 18 的变形例的前半部分操作流程图。

图 61 表示本发明的实施例 18 的变形例后半部分操作流程图。

图 62 表示本发明的实施例 19 的后半部分操作流程图。

5 图 63 表示本发明的实施例 20 的前半部分操作流程图。

图 64 表示本发明的实施例 20 的后半部分操作流程图。

图 65 表示本发明的实施例 21 的具体电路结构的流程图。

图 66 表示本发明的第 3 基本结构的实施例 23 的方框图。

图 67 表示本发明的第 3 基本结构的实施例 24 的方框图。

10 图 68 在概念上表示自适应阵列无线基站的基本操作模式图。

图 69 表示自适应阵列无线基站结构的示意方框图。

图 70 表示便携式电话的电波信号的帧结构的示意图。

图 71 是将自适应阵列无线基站与用户之间的电波信号的授受图像化的模式图。

15 实施发明的最佳形态

[第 1 基本结构的概要]

图 1 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 1 基本结构的主要部分的示意方框图。图 1 的基本结构仅示出自适应阵列无线基站内与本发明有关的相位旋转量和振幅变动量的估计以及与它们的校准有关的部分，上述图 69 所示的用于接收信号和发送信号加权的接收部 1R 和发送部 1T 所对应的部分省略图示。在以后说明的各实施例中也是这样。

25 图 1 所示的自适应阵列无线基站包括：信号处理电路 20；构成阵列天线的 n 个天线振子 ANT_1 、 \dots 、 ANT_j 、 \dots 、 ANT_k 、 \dots 、 ANT_n ；对应于各个天线振子设置的天线共用器 SW_1 、 \dots 、 SW_j 、 \dots 、 SW_k 、 \dots 、 SW_n ；对应于各个天线振子，在天线共用器和信号处理电路 20 之间设置的发送电路 TX_1 、 \dots 、 TX_j 、 \dots 、 TX_k 、 \dots 、 TX_n ；以及接收电路 RX_1 、 \dots 、 RX_j 、 \dots 、 RX_k 、 \dots 、 RX_n 。

30 信号处理电路 20 包括：存储器 21，用于校准时预先存储应从各个天线振子发送的已知信号 $S_1(t)$ 、 \dots 、 $S_j(t)$ 、 \dots 、 $S_k(t)$ 、 \dots 、 $S_n(t)$ ，并且存储后述计算出的各信号；控制装置 22，在该存储器 21 之间进行控制信号和数据的发送接收；对应于各个天线振子，在存

存储器 21 和发送电路 TX 之间设置的移相器 $PS_1, \dots, PS_j, \dots, PS_k, \dots, PS_n$, 衰减器 $ATT_1, \dots, ATT_j, \dots, ATT_k, \dots, ATT_n$ 及发送信号输出装置 $SG_1, \dots, SG_j, \dots, SG_k, \dots, SG_n$; 和对应于各个天线振子, 在接收电路 RX 和存储器 21 之间设置的接收信号测定装置 $SM_1, \dots, SM_j, \dots, SM_k, \dots, SM_n$, 相位提取电路 $PE_1, \dots, PE_j, \dots, PE_k, \dots, PE_n$ 及振幅提取电路 $AE_1, \dots, AE_j, \dots, AE_k, \dots, AE_n$ 。

再有, 各个发送电路 $TX_1, \dots, TX_j, \dots, TX_k, \dots, TX_n$ 例如由变频器、放大器、滤波器、扩频器等组成, 总称为从对应的发送信号输出装置 SG 至对应的天线共用器 SW 的路径上存在的电路。再有, 在图 2 以后的各图中, 在图示的情况下, 省略各发送电路 TX 的图示, 各发送信号输出装置 SG 和对应的天线共用器 SW 之间的线路 TX 表示存在这样的发送电路。

同样, 各个接收电路 $RX_1, \dots, RX_j, \dots, RX_k, \dots, RX_n$ 例如由变频器、放大器、滤波器、解扩器等组成, 总称为从对应的天线共用器 SW 至对应的接收信号测定装置 SM 的路径上存在的电路。再有, 在图 2 以后的各图中, 在图示的情况下, 省略各接收电路 RX 的图示, 各天线共用器 SW 和对应的接收信号测定装置 SM 之间的线路 RX 表示存在这样的接收电路。

在校准时, 从存储器 21 输出的对应于各个天线振子的已知信号 $S_1(t), \dots, S_j(t), \dots, S_k(t), \dots, S_n(t)$ 通过对应的移相器 $PS_1, \dots, PS_j, \dots, PS_k, \dots, PS_n$ 仅旋转 $\theta_1, \dots, \theta_j, \dots, \theta_k, \dots, \theta_n$ 相位, 变为信号 $S_1(t) \exp(i\theta_1), \dots, S_j(t) \exp(i\theta_j), \dots, S_k(t) \exp(i\theta_k), \dots, S_n(t) \exp(i\theta_n)$ 。再有, 各个移相器的相位旋转量由来自控制装置 22 的控制信号来控制。

这些相位旋转过的信号分别通过对应的衰减器 $ATT_1, \dots, ATT_j, \dots, ATT_k, \dots, ATT_n$ 仅变动 $A_1, \dots, A_j, \dots, A_k, \dots, A_n$ 振幅, 变为信号 $A_1 S_1(t) \exp(i\theta_1), \dots, A_j S_j(t) \exp(i\theta_j), \dots, A_k S_k(t) \exp(i\theta_k), \dots, A_n S_n(t) \exp(i\theta_n)$ 。再有, 各个衰减器的振幅变动量由来自控制装置 22 的控制信号来控制。

这些信号被分别从对应的发送信号输出装置 $SG_1, \dots, SG_j, \dots, SG_k, \dots, SG_n$ 发送, 通过对应的发送电路 $TX_1, \dots, TX_j, \dots, TX_k, \dots, TX_n$ 提供到对应的天线共用器 $SW_1, \dots, SW_j, \dots, SW_k, \dots, SW_n$ 。

各个天线共用器 SW 根据来自控制装置 22 的控制信号, 进行切换, 使得将来自对应的发送电路 TX 的信号有选择地提供给对应的天线振子 ANT 或接收电路 RX 的其中一个上。

从各个天线共用器 SW 提供给对应的天线振子 ANT 的信号作为电波信号被发射。再有, 在天线共用器 SW 未连接到天线振子端的情况下, 进入该天线共用器的发送信号原封不动地由对应的接收电路 RX 接收。

另一方面, 在校准时, 由各个天线振子 ANT_1 、 \dots 、 ANT_j 、 \dots 、 ANT_k 、 \dots 、 ANT_n 接收的信号通过对应的天线共用器 SW_1 、 \dots 、 SW_j 、 \dots 、 SW_k 、 \dots 、 SW_n 提供到对应的接收信号测定装置 SM_1 、 \dots 、 SM_j 、 \dots 、 SM_k 、 \dots 、 SM_n 。再有, 如上所述, 在天线共用器 SW 未连接到天线振子端的情况下, 不是来自天线振子, 而来自对应的发送电路 TX 的信号被提供到对应的接收信号测定装置 SM。

由这些接收信号测定装置接收到的信号被分别同时提供到对应的相位提取电路 PE_1 、 \dots 、 PE_j 、 \dots 、 PE_k 、 \dots 、 PE_n 和振幅提取电路 AE_1 、 \dots 、 AE_j 、 \dots 、 AE_k 、 \dots 、 AE_n 。如下所述, 由这些相位提取电路 PE 和振幅提取电路 AE 提取的信息提供到存储器 21, 存储在该存储器中。

再有, 发送信号输出装置 SG_1 、 \dots 、 SG_j 、 \dots 、 SG_k 、 \dots 、 SG_n 和接收信号测定装置 SM_1 、 \dots 、 SM_j 、 \dots 、 SM_k 、 \dots 、 SM_n 的操作由来自控制装置 22 的控制信号来控制。

以下, 将通过各个天线振子的与信号的发送接收有关的一组电路结构称为 (信号) 传输系统。

再有, 在校准以外的通常的信号发送接收时, 不是来自存储器 21 的已知信号, 而是通过图中未示出的发送部 (参照图 69 的 1T) 对各传输系统进行加权的发送信号经图中未示出的信号路径被提供给该传输系统的移相器 PS, 之后通过衰减器 ATT、发送信号输出装置 SG、天线振子 ANT 接收到的信号通过该传输系统的天线共用器 SW、接收电路 RX 由接收信号测定装置 SM 接收后, 不通过相位提取电路 PE 和振幅提取电路 AE, 而通过图中未示出的信号路径提供给图中未示出的接收部 (参照图 69 的 1R), 并进行加权处理, 作为输出信号供给外部。

图 2 表示图 1 的自适应阵列无线基站 1 的基本结构的变形例的示



意方框图。图 2 的结构除了以下点之外与图 1 所示的第一基本结构相同。

即，在图 1 中，各个传输系统的移相器 PS 和衰减器 ATT 被设置在信号处理电路 20 内部，但在图 2 所示的变形例中，这些移相器 PS 和衰减器 ATT 被设置在信号处理电路 20 的外部、即设置在该传输系统的发送信号输出装置 SG 和发送电路 TX 之间。

这样，就移相器 PS 和衰减器 ATT 的配置场所来说，如果在存储器 21 和各天线共用器 SW 之间则没有制约，图中虽未特别示出，但可以将移相器 PS 和衰减器 ATT 的一个配置在信号处理电路 20 内部，而将另一个配置在信号处理电路 20 外部。此外，也可以将移相器 PS 和衰减器 ATT 双方都设置在信号处理电路 20 的内部或外部。

[第 2 基本结构的概要]

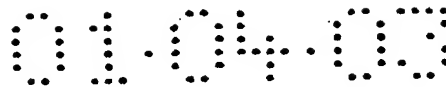
图 3 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 2 基本结构主要部分的示意方框图。图 3 所示的第 2 基本结构除了以下方面之外与图 1 所示的第 1 基本结构相同。

就是说，从控制装置 22 不将控制信号提供给各传输系统的天线共用器 SW，而如图 1 的第 1 基本结构那样，不切换各天线共用器 SW，使得来自发送电路 TX 的信号被直接提供到接收电路 RX。因此，来自各传输系统的发送电路 TX 的信号必然通过对应的天线共用器 SW 从天线振子 ANT 发送，用天线振子 ANT 接收到的信号通过对应的天线共用器 SW 被提供到接收电路 RX。其它结构与图 1 的第 1 基本结构相同，这里不重复进行说明。

图 4 表示图 3 的自适应阵列无线基站的第 2 基本结构的变形例的示意方框图。图 4 的结构除了以下方面之外与图 3 所示的第 2 基本结构相同。

即，在图 3 中，各个传输系统的移相器 PS 和衰减器 ATT 被设置在信号处理电路 20 内部，但在图 4 所示的变形例中，这些移相器 PS 和衰减器 ATT 被设置在信号处理电路 20 的外部。

为了说明图 2 的变形例，对于移相器 PS 和衰减器 ATT 的配置场所来说，只要在存储器 21 和各天线共用器 SW 之间就没有限制，图中虽未特别示出，但可以将移相器 PS 和衰减器 ATT 的一个配置在信号处理电路 20 内部，而将另一个配置在其外部。此外，也可以将移相



器 PS 和衰减器 ATT 都设置在信号处理电路 20 的内部或外部。

以下，分别说明第 1 和第 2 基本结构的工作原理和具体的实施形态，但在此之前，对以后说明中使用的各种变量进行以下定义：

$S_j(t)$ ：从第 j 号发送信号输出装置 SG_j 输出的已知信号

5 $RX_{jk}(t)$ ：从第 j 号发送信号输出装置 SG_j 输出的信号 $S_j(t)$ ，
但由第 k 号的接收信号测定装置 SM_k 来测定的信号

θ_j ：信号通过第 j 号移相器 PS_j 产生的信号的相位旋转量

$\Delta\phi RX_j$ ：信号通过第 j 号接收电路 RX_j 产生的信号的相位旋转量

$\Delta\phi TX_j$ ：信号通过第 j 号发送电路 TX_j 产生的信号的相位旋转量

10 ϕ_{jk} ：信号通过从第 j 号天线共用器 SW_j 至第 j 号天线振子 ANT_j 产生的信号的相位旋转量、通过从第 j 号天线振子 ANT_j 至第 k 号天线振子 ANT_k 传播电波信号产生的信号的相位旋转量、以及信号通过从第 k 号天线振子 ANT_k 至第 k 号天线共用器 SW_k 产生的信号的相位旋转量的合计值

15 A_j ：信号通过第 j 号衰减器 ATT_j 产生的信号的振幅变动量

ARX_j ：信号通过第 j 号接收电路 RX_j 产生的信号的振幅变动量

ATX_j ：信号通过第 j 号发送电路 TX_j 产生的信号的振幅变动量

20 A_{jk} ：信号通过从第 j 号天线共用器 SW_j 至第 j 号天线振子 ANT_j 产生的信号的振幅变动量、通过从第 j 号天线振子 ANT_j 至第 k 号天线振子 ANT_k 传播电波信号产生的信号的振幅变动量、以及信号通过从第 k 号天线振子 ANT_k 至第 k 号天线共用器 SW_k 产生的信号的振幅变动量的合计值

n ：天线振子数（传输系统的数目）

25 再有，图 5 表示在上述各种变量中将信号的相位旋转量和振幅变动量表示在前面说明的第 1 和第 2 基本结构的对应部位上的图。

[第 1 基本结构的工作原理]

图 6 模式地表示图 1 所示的在本发明第 1 基本结构的自适应阵列无线基站校准时信号的发送接收状况图。以下，参照图 6 来说明本发明第 1 基本结构的自适应阵列无线基站的工作原理。

30 首先，在校准时，根据来自控制装置 22 的控制信号，例如将第 j 号传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量设为 0，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量设为 1(=0dB)。然后，从存储器 21 通过控制装置 22 的控制来

输出对该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$ ，通过该传输系统的移相器 PS_j 、衰减器 ATT_j 、发送信号输出装置 SG_j 、发送电路 TX_j 、天线共用器 SW_j 、以及天线振子 ANT_j 作为电波信号被送出。

发送的电波信号被除了第 j 号传输系统之外的所有各个传输系统、例如第 k 号传输系统的天线振子 ANT_k 和接收电路 RX_k 接收，由接收信号发送装置 SM_k 作为接收信号 $RX_{jk}(t)$ 来测定。

再有，通过来自控制装置 22 的控制信号来切换第 j 号传输系统的天线共用器 SW_j 的开关，使得发送电路 TX_j 可连接到相同传输系统的接收电路 RX_j ，从而来自发送电路 TX_j 的发送信号被该传输系统本身的接收电路 RX_j 接收，由接收信号测定装置 SM_j 作为接收信号 $RX_{jj}(t)$ 来测定。

从第 j 号传输系统送出的第 k 号传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用下式 (1-1) 来表示，而且从第 1 号至第 n 号依次切换发送信号的第 j 号传输系统，其每次从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用下式 (1-2) 来表示。

$$RX_{jk}(t) = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t) + n_{jk}(t),$$

$$(k=1, 2, \dots, n) \quad \dots (1-1)$$

$$RX_{jk}(t) = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t) + n_{jk}(t),$$

$$(j=1, 2, \dots, n) \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } A_{jk}=1, \phi_{jk}=0, (j=k \text{ 时}) \quad \dots (1-2)$$

再有，在这些式中， $n_{jk}(t)$ 表示噪声， i 表示虚数单位 ($i^2=-1$)。

接着，如果用发送时的已知信号 $S_j(t)$ 来除上述式 (1-2) 的两边，则变为下述式 (1-3) 表示的那样，而且如果对该式的两边计算自然对数，则变成下述式 (1-4) 表示的那样。

$$A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} + n_{jk}(t) / S_j(t) = RX_{jk}(t) / S_j(t)$$

$$\dots (1-3)$$

$$\log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} + n_{jk}(t) / S_j(t)]$$

$$= \log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)] \quad \dots (1-4)$$

再有，在这些式中， $\log_e[\cdot]$ 意味着 $[\cdot]$ 的自然对数。其中，将式 (1-4) 的左边表示为 $\log_e[v+w]$ ，其中

$$A_{jk}ATX_jARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} = v$$

$$n_{jk}(t)/S_j(t) = w$$

其中，如果假设信号功率与噪声功率比（S/N 比）充分好，则有 $v \gg w$ 。

- 5 如果将进行上述那样置换的式（1-4）的左边进行泰勒展开，则变为下述式（1-5），如上所述，由于假设 S/N 充分好（ $|w/v| \ll 1$ ），所以式（1-5）右边的 w/v 以后的项可以忽略。其中，根据前式（1-4）的右边和式（1-5）的右边，可导出下述等式（1-6）。

$$\log_e[v+w] = \log_e[v] + w/v - (w/v)^2/2 + (w/v)^3/3 - \dots \quad \dots (1-5)$$

$$10 \quad \log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] + i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) = \log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)] \quad \dots (1-6)$$

如果着眼于上述的式（1-6）的虚数部，则可导出下述的式（1-7），而如果着眼于实数部，则可导出下述的式（1-8）。再有，在这些式中， $\text{Im}[\cdot]$ 意味着 $[\cdot]$ 的虚数部，而 $\text{Re}[\cdot]$ 意味着 $[\cdot]$ 的实数部。

$$15 \quad \begin{aligned} \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k &= \text{Im}[\log_e\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}] \\ &= \text{Im}[\log_e\{RX_{jk}(t)\}] - \text{Im}[\log_e\{S_j(t)\}] \\ &\quad (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \\ &\quad \text{其中, } \phi_{jk}=0, (j=k \text{ 时}) \end{aligned} \quad \dots (1-7)$$

$$20 \quad \begin{aligned} \log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] &= \text{Re}[\log_e\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}] \\ &= \text{Re}[\log_e\{RX_{jk}(t)\}] - \text{Re}[\log_e\{S_j(t)\}] \\ &\quad (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n), \\ &\quad \text{其中, } A_{jk}=1, (j=k \text{ 时}) \end{aligned} \quad \dots (1-8)$$

通过以上的处理，分别分离出与相位有关的方程式（1-7）和与振幅有关的方程式（1-8）。

- 25 其中，这些式中的 $RX_{jk}(t)$ 实际上是被测定的接收信号，而 $S_j(t)$ 是已知信号。因此，通过计算可以容易地求出式（1-7）和式（1-8）的各自右边的值。

因此，如果将通过式（1-7）和式（1-8）的各自右边的计算而求出的值作为 Y_{jk} 、 X_{jk} ，则各自的式可表示为下述式（1-9）和式（1-10）。

$$30 \quad \begin{aligned} Y_{jk} &= \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k, \\ &\quad (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \\ &\quad \text{其中, } \phi_{jk}=0, (j=k \text{ 时}) \end{aligned} \quad \dots (1-9)$$

$$X_{jk} = \log_e [A_{jk}] + \log_e [ATX_j] + \log_e [ARX_k],$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中, $A_{jk}=1$, ($j=k$ 时) ... (1-10)

上述与相位有关的式 (1-9) 是 n^2 个一次方程式组成的联立一次
5 方程式, 可如下述式 (1-11) 那样来实现。

$$Y_{11} = \Delta\phi TX_1 + \Delta\phi RX_1$$

$$Y_{12} = \phi_{12} + \Delta\phi TX_1 + \Delta\phi RX_2$$

...

$$Y_{nn} = \Delta\phi TX_n + \Delta\phi RX_n \quad \dots (1-11)$$

10 其中, ϕ_{jk} 和 ϕ_{kj} 是各自传播的方向相反、但通过完全相同的电路或传播路径的信号的相位旋转量, 这些值相互一致 (其中, $j \neq k$)。因此, 联立一次方程式 (1-11) 中的未知变量 ϕ_{jk} 的个数是 $n(n-1)/2$ 个, 而未知变量 $\Delta\phi TX_j$ 、 $\Delta\phi RX_k$ 的个数是 $2n$ 个 ($(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$)。因此, 上述联立一次方程式 (1-11) 的未知
15 变量总计为 $(n^2+3n)/2$ 个。

另一方面, 上述与振幅有关的式 (1-10) 也是 n^2 个一次方程式组成的联立一次方程式, 如下述的式 (1-12) 那样来表示。

$$X_{11} = \log_e [ATX_1] + \log_e [ARX_1]$$

$$X_{12} = \log_e [A_{12}] + \log_e [ATX_1] + \log_e [ARX_2]$$

...

$$X_{nn} = \log_e [ATX_n] + \log_e [ARX_n] \quad \dots (1-12)$$

20 其中, A_{jk} 和 A_{kj} 是各自传播的方向相反、但通过完全相同的电路或传播路径的信号的振幅变动量, 这些值相互一致 (其中, $j \neq k$)。因此, 联立一次方程式 (1-12) 中的未知变量 $\log_e [A_{jk}]$ 的个数是 n
25 $(n-1)/2$ 个, 而未知变量 $\log_e [ATX_j]$ 、 $\log_e [ARX_k]$ 的个数是 $2n$ 个 ($(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$)。因此, 上述联立一次方程式 (1-12) 的未知变量总计为 $(n^2+3n)/2$ 个。

为了解这些联立一次方程式, 构成各联立一次方程式的式的总数 n^2 必须至少与未知变量的个数 $(n^2+3n)/2$ 相同。即, 在 n 为 3 以上
30 时, 由于 $n^2 \geq (n^2+3n)/2$ 成立, 所以如果信号传输系统的数 n 在 3 以上, 则在联立一次方程式 (1-11) 和 (1-12) 的各个式中, 方程式的个数大于未知变量的个数, 所以在双方的联立一次方程式中可以求所

有的未知变量的值。

就是说，通过解这些联立一次方程式 (1-11) 和 (1-12)，在所有的传输系统中，可以算出通过发送电路 TX_j ($j=1, 2, \dots, n$) 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi_{TX_j}$ 和振幅变动量 ATX_j 、以及通过接收电路 RX_j 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi_{RX_j}$ 和振幅变动量 ARX_j 。

然后，将通过这样的计算估计出的、各传输系统的接收电路和发送电路之间的相位旋转量之差的信息提供给该传输系统的移相器，将有关各传输系统的接收电路和发送电路之间的振幅变动量之差的信息提供给该传输系统的衰减器，对各传输系统补偿接收信号和发送信号之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差，可以进行传输特性的校准。

再有，在上述工作原理的说明中，计算用已知信号 $S_j(t)$ 除测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 所得的信号的信号的自然对数，分离为虚数部和实数部，但即使采用具有可将输入信号分离成实数部和虚数部并输出的功能的正交检波电路，也可以实现本发明的自适应阵列无线基站的工作原理。即，即使采用从正交检波电路输出的 I 信号和 Q 信号，也可以容易地提取接收信号的相位分量和振幅分量。

比如说，将用已知信号除测定的接收信号所得的式 (1-3) 的右边的信号 $\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}$ 输入到正交检波电路，成为分离为 I 信号和 Q 信号的信号。这里，如果设正交检波电路的输入信号的振幅值为 A，则用下式来表示。

$$A = (I^2 + Q^2)^{1/2}$$

另一方面，如果设正交检波电路的输入信号的相位值为 θ ，则用下式来表示。

$$\theta = \tan^{-1}(Q/I) \quad (Q > 0 \text{ 时})$$

$$\theta = \tan^{-1}(Q/I) + \pi \quad (Q < 0 \text{ 时})$$

其中， $0 < \tan^{-1}(Q/I) < \pi$ 。

因此，使用这样的正交检波电路，也可以容易地分离相位分量和振幅分量。再有，使用正交检波电路来抽取相位分量和正交成分的技术本身是众所周知的技术。

在使用这样的正交检波电路来实现本发明的第 1 基本结构的情况下，若相位抽取电路的输出信号为 Y_{jk} ，振幅抽取电路的输出信号为

X_{jk} , 则用下式表示.

$$Y_{jk} = \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k$$

$$X_{jk} = A_{jk} ATX_j ARX_k$$

5 因此, 可以将接收信号分离为与相位有关的方程式和与振幅有关的方程式, 以下, 通过按与至此说明的步骤相同的步骤, 可以计算发送电路和接收电路之间的相位旋转量差和振幅变动量差.

再有, 在以下说明的各实施例中, 在从用已知信号除接收信号所得的信号中提取相位分量和振幅分量时, 都可使用上述的正交检波电路技术.

10 再有, 由于发送电路和接收电路的传输特性因气温等外部因素而常常变化, 所以在本发明的自适应阵列无线基站中, 按每隔几小时、一日数次的频度来进行上述那样的传输特性的估计和校准.

上述本发明的第 1 基本结构的操作实际上通过构成信号处理电路 2 的微计算机以软件来实现. 图 7 和图 8 是使用微计算机以软件来实现上述第 1 基本结构的操作时的流程图.

首先, 按规定的定时 (或来自外部的指令) 发出相位和振幅误差的估计命令后, 开始上述的校准操作.

20 首先, 在步骤 S1-1 中, 选择 $j=1$ 号的传输系统, 在步骤 S1-2 中, 设该传输系统的移相器 PS_1 的相位旋转量为 0, 衰减器 ATT_1 的振幅变动量 A_1 为 1 (=0dB). 然后, 从存储器 21 输出与该第 1 号传输系统对应的已知信号 $S_1(t)$.

接着, 在步骤 S1-3 中, 将变量 k 设定为 1, 在步骤 S1-4 中, 判断该传输系统是否符合 $k=1$ 号. 这里, 由于 $k=j=1$, 所以在步骤 S1-5 中, 切换天线共用器 SW_1 , 使得该传输系统的发送电路 TX_1 和接收电
25 路 RX_1 连接.

接着, 在步骤 S1-6 中, 通过第 1 号传输系统的接收信号测定装置 SM_1 , 根据上述式 (1-1) 来测定接收信号 $RX_{11}(t)$, 按照式 (1-3) 来计算 $RX_{11}(t)/S_1(t)$, 而且按照式 (1-6)、(1-7)、(1-8) 分离为虚数部和实数部. 然后, 按式 (1-9) 提取 $RX_{11}(t)/S_1(t)$ 的相位分量并作为 Y_{11} 存储到存储器 21 中, 按式 (1-10) 提取 $RX_{11}(t)/S_1(t)$ 的振幅分量并作为 X_{11} 存储到存储器 21 中.
30

接着, 在步骤 S1-7、S1-8、S1-4 中, 一边将 k 的值每次增加 1,

一边在步骤 S1-9 中切换天线共用器 SW_1 ，使得该传输系统 ($j=1$) 的发送电路 TX_1 和天线振子 ANT_1 连接。

接着，在步骤 S1-6 中，用第 k 号传输系统的接收信号测定装置 SM_k 来测定从第 1 号传输系统的天线振子 ANT_1 发送的电波信号，并求 $RX_{1k}(t)$ ，通过上述式 (1-6) ~ (1-10) 来计算 $RX_{1k}(t)/S_1(t)$ 的相位分量 Y_{1k} 、振幅分量 X_{1k} ，并存储到存储器 21 中。

在步骤 S1-7 中，如果判定 k 达到 n ，则在步骤 S1-10、S1-11 中将 j 的值增加 1，在下一个传输系统 $j=2$ 中，重复进行上述步骤 S1-2~S1-9 的操作。

10 这样，在步骤 S1-10 中，如果判定 j 达到 n ，则计算出对应 ($j=1, 2, \dots, n$)、($k=1, 2, \dots, n$) 的所有组合的 Y_{jk} 、 X_{jk} ，并被存储到存储器 21 中。

接着，在图 8 的步骤 S1-12 中，使用存储器 21 中存储的所有 Y_{jk} 、 X_{jk} ($j=1, 2, \dots, n$)、($k=1, 2, \dots, n$)，来解上述的式 (1-11) 和 (1-12) 两个联立一次方程式。

15 接着，在步骤 S1-13 中，将算出的各传输系统的发送电路和接收电路之间的相位旋转量之差及振幅变动量之比分别设定到对应的传输系统 (预先设定为 0) 的移相器 PS 和 (预先设定为 1) 衰减器 ATT 中。由此，在各传输系统发送时上述传输特性之差被分别补偿，执行校准。

20 其次，图 9 和图 10 表示上述图 7 和图 8 所示操作的变形例的流程图。图 9 和图 10 所示的操作除了以下方面之外与图 7 和图 8 所示的操作相同，对于共同的操作不再进行说明。

就是说，在图 7 的例中，在步骤 S1-2 中，将各传输系统的移相器的相位旋转量设定为 0，将衰减器的振幅变动量设定为 1 (=0dB)，但在图 9 的例中，在步骤 S1-2a 中，不进行这样的设定，而是测定此时的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 和衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j ，分别存储到存储器 21 中。

30 在图 8 的例中，在步骤 S1-13 中，通过将对各传输系统算出的发送电路和接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之比设定在对应的传输系统的预先设定为 0 的移相器和预先设定为 1 的衰减器中，来进行补偿相位旋转量差和振幅变动量差的校准，而在图 10 的

例中，在步骤 S1-13a 中，在校准的开始时读出在图 9 的步骤 S1-2a 中测定的存储器 21 中存储的作为移相器和衰减器初始值的 θ_j 及 A_j ，通过按算出的相位旋转量之差和振幅变动量之比来补偿这些初始值，进行校准。

5 接着，图 11 是图 1 所示的本发明第 1 基本结构的变形例，表示仅估计各传输系统的发送电路和接收电路之间的相位旋转量差的情况的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的结构方框图。图 11 的电路结构除了将各传输系统中衰减器 ATT_j 和振幅提取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 省略之外，与图 1 所示的第 1 基本结构相同，所以引用图 1 的说明，而省略图 11 的说明。此外，图 12 是使用微计算机以软件来实现图 11 所示的电路操作时的流程图，除了与振幅分量有关的运算被省略之外，与图 7 和图 8 所示的第 1 基本结构的操作流程图相同，所以引用图 7 和图 8 的说明，而省略图 12 的说明。

15 接着，图 13 是图 1 所示的本发明第 1 基本结构的又一变形例，表示仅估计各传输系统的发送电路和接收电路之间的振幅变动量差情况的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的结构方框图。图 13 的电路结构除了在各传输系统中省略了移相器 PS_j 和相位提取电路 PE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 之外，与图 1 所示的第 1 基本结构相同，所以引用图 1 的说明，而省略图 13 的说明。

20 此外，图 14 是使用微计算机以软件来实现图 13 所示的电路操作时的流程图，除了与相位有关的运算被省略之外，与图 7 和图 8 所示的第 1 基本结构的操作流程图相同，所以引用图 7 和图 8 的说明，而省略图 14 的说明。

[第 1 基本结构的实施例]

25 实施例 1

图 15 表示图 1 所示的本发明第 1 基本结构的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的具体电路结构的实施例 1 的方框图。

与图 1 的电路结构相比，在第 1 基本结构中，各传输系统的相位提取电路 PE_j 和振幅提取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 由一个乘法器 MP_j 30 和一个信号处理电路 SP_j 来构成。

各传输系统的乘法器 MP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 进行图 6 有关说明的式 (1-3) 的运算。即，用该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 除接

收信号测定装置 SM_j 测定的接收信号。

接着, 各传输系统的信号处理电路 SP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 进行图 6 有关说明的式 (1-4) ~ (1-10) 的运算。即, 信号处理电路 SP_j 计算对应的乘法器 MP_j 输出的自然对数, 将其虚数部作为 Y_{nj} 来提取, 形成式 (1-9) 的与相位有关的方程式, 并且将实数部作为 X_{nj} 来提取, 形成式 (1-10) 的与振幅有关的方程式。

图 16 是说明图 15 所示的实施例 1 的操作流程图, 对应于图 7 所示的第 1 基本结构操作的前半部分。与图 7 的流程图相对应, 按图 7 的步骤 S1-6 进行的信号处理内容由图 16 的步骤 S1-6d 特别记述。即, 在图 16 的步骤 S1-6d 中, 计算 $RX_{jk}(t)/S_j(t)$ 的自然对数, 通过提取其虚数部和实数部, 得到相位分量的方程式 (1-9) 和振幅分量的方程式 (1-10)。

实施例 2

图 17 表示图 1 所示的本发明第 1 基本结构的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的另一具体电路结构的实施例 2 的方框图。

与图 1 的电路结构相比, 在第 1 基本结构中, 各传输系统的相位提取电路 PE_j 和振幅提取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 由一个信号处理电路 SP_j 和两个减法器 SA_j 、 SB_j 来构成。

首先, 各传输系统的信号处理电路 SP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 计算接收信号测定装置 SM_j 测定的接收信号的自然对数, 提取其虚数部提供给一个减法器 SA_j , 并且提取实数部提供给另一个减法器 SB_j 。

上述一个减法器 SA_j 从提供的接收信号的虚数部中减去计算该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 的自然对数所得的虚数部 $\text{Im}[\log\{S_j(t)\}]$ 。上述另一个减法器 SB_j 从提供的接收信号的实数部中减去计算该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 的自然对数所得的实数部 $\text{Re}[\log\{S_j(t)\}]$ 。

上述一个减法器 SA_j 的虚数部的减法结果作为 Y_{nj} 来提取, 形成式 (1-9) 的与相位有关的方程式, 而另一个减法器 SB_j 的实数部的减法结果作为 X_{nj} 来提取, 形成式 (1-10) 的与振幅有关的方程式。

如以上那样, 在图 17 的实施例 2 中, 首先进行接收信号的虚数部和实数部的分离后, 分别与已知信号 $S_j(t)$ 的虚数部和实数部相减。

对此，在图 6 和图 15 相关说明的实施例 1 中，在分离为虚数部和实数部之前用已知信号来除接收信号，颠倒运算的顺序。但是，无论哪种方法，由于得到最终用式 (1-9) 和 (1-10) 表示的方程式，所以可认为图 17 所示的电路结构与图 1 所示的第 1 基本结构等价。

5 图 18 是说明图 17 所示的实施例 2 的操作流程图，对应于图 7 所示的第 1 基本结构操作的前半部分。与图 7 的流程图相比，在图 7 的步骤 S1-6 中进行的信号处理的内容由图 18 的步骤 S1-6e 来专门记述。即，在图 18 的步骤 S1-6e 中，通过从计算的 $RX_{jk}(t)$ 的自然对数的虚数部和实数部中分别减去计算 $S_j(t)$ 的自然对数的虚数部和实数部，获得相位分量的方程式 (1-9) 和振幅分量的方程式 (1-10)。

再有，在实施例 1 和 2 的说明中，如上所述，以 S/N 比充分好为前提。就是说，图 15~图 18 所示的实施例 1 和 2 在接收信号的 S/N 比良好的情况下有效，即使与下述的其它实施例相比，也可以用比较少的信号处理量来进行各传输系统的发送电路和接收电路之间的相位旋转量差及振幅变动量差的估计。

[第 2 基本结构的工作原理]

图 19 模式地表示图 3 所示的本发明第 2 基本结构的自适应阵列无线基站中的校准时的信号的发送接收状况图。以下，参照图 19 来说明本发明第 2 基本结构的自适应阵列无线基站的工作原理。

20 首先，在校准时，按照来自控制装置 22 的控制信号，例如将第 j 号的传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量设定为 0，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 (=0dB)。然后，通过控制装置 22 的控制从存储器 21 输出对应于该第 j 号传输系统的已知信号 $S_j(t)$ ，通过该传输系统的移相器 PS_j 、衰减器 ATT_j 、发送信号输出装置 SG_j 、发送电
25 路 TX_j 、天线共用器 SW_j 、及天线振子 ANT_j 作为电波信号送出。

发送的电波信号由除了第 j 号传输系统之外的其它所有各传输系统、例如第 k 号传输系统的天线振子 ANT_k 和接收电路 RX_k 接收，用接收信号测定装置 SM_k 作为接收信号 $R_{jk}(t)$ 来测定。

再有，在图 19 所示的第 2 基本结构的自适应阵列无线基站中，与图 6 所示的第 1 基本结构的自适应阵列无线基站不同，在相同的传输系统中不切换天线共用器 SW ，使得发送电路 TX 和接收电路 RX 可连接。

从第 j 号传输系统送出的用第 k 号传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用下述的式 (1-13) 来表示, 而且从第 1 号至第 n 号依次切换发送信号的第 j 号的传输系统, 除了正在发送的传输系统之外, 每次用从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用下述的式 (1-14) 表示。

$$RX_{jk}(t) = A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t) + n_{jk}(t) \quad (k=1, 2, \dots, n), \text{ 其中 } k \neq j \quad \dots (1-13)$$

$$RX_{jk}(t) = A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t) + n_{jk}(t) \quad (j=1, 2, \dots, n), \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中 } k \neq j \quad \dots (1-14)$$

接着, 如果将上述的式 (1-14) 的两边用发送时的已知信号 $S_j(t)$ 来除, 则变为下述的式 (1-15), 而且如果计算该式两边的自然对数, 则用下述的式 (1-16) 来表示。

$$A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} + n_{jk}(t) / S_j(t) = RX_{jk}(t) / S_j(t) \quad \dots (1-15)$$

$$\log_e [A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} + n_{jk}(t) / S_j(t)] = \log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)] \quad \dots (1-16)$$

其中, 将式 (1-16) 的左边表示为 $\log_e[v+w]$, 其中

$$A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} = v$$

$$n_{jk}(t) / S_j(t) = w$$

其中, 如果假设信号功率与噪声功率比 (S/N 比) 充分好, 则变为 $v > w$ 。

如果将进行上述置换的式 (1-16) 的左边进行泰勒展开, 则变为下述的式 (1-17), 如上所述, 由于假设 S/N 比充分好 ($|w/v| \ll 1$), 所以可以将式 (1-17) 右边的 w/v 以后的项忽略。

其中, 根据前面的式 (1-16) 的右边和式 (1-17) 的右边, 可导出下述的式 (1-18)。

$$\log_e[v+w] = \log_e[v] + w/v - (w/v)^2/2 + (w/v)^3/3 - \dots \quad \dots (1-17)$$

$$\log_e [A_{jk}ATX_jARX_k] + i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) = \log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)] \quad \dots (1-18)$$

如果着眼于上述的式 (1-18) 的虚数部, 则导出下述的式 (1-19), 而如果着眼于实数部, 则导出下述的式 (1-20)。

$$\begin{aligned}\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k &= \text{Im}[\log_e \{RX_{jk}(t) / S_j(t)\}] \\ &= \text{Im}[\log_e \{RX_{jk}(t)\}] - \text{Im}[\log_e \{S_j(t)\}], \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n), \\ \text{其中, } j &\neq k \quad \dots (1-19)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}5 \quad \log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] &= \text{Re}[\log_e \{RX_{jk}(t) / S_j(t)\}] \\ &= \text{Re}[\log_e \{RX_{jk}(t)\}] - \text{Re}[\log_e \{S_j(t)\}], \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n), \\ \text{其中, } j &\neq k \quad \dots (1-20)\end{aligned}$$

通过以上处理, 分别分离出与相位有关的方程式(1-19)和与振幅有关的方程式(1-20)。

其中, 这些式中的 $RX_{jk}(t)$ 是被实际测定的信号, $S_j(t)$ 是已知信号。因此, 可以通过计算来求式(1-19)和式(1-20)的各自右边的值。

因此, 假设通过式(1-19)和式(1-20)的各自右边的计算求出
15 的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各自的公式表示为下式(1-21)和式(1-22)。

$$\begin{aligned}Y_{jk} &= \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k, (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n), \\ \text{其中, } j &\neq k \quad \dots (1-21)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}X_{jk} &= \log_e [A_{jk}] + \log_e [ATX_j] + \log_e [ARX_k], \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n),\end{aligned}$$

$$20 \quad \text{其中, } j \neq k \quad \dots (1-22)$$

在这样求出的相位信息中, 如果代入 $Y_{jk} - Y_{kj} = Z_{jk}$ 和式(1-21), 则得到下述的式(1-23)。此外, 在得到的振幅信息中, 如果代入 $X_{jk} - X_{kj} = V_{jk}$ 和式(1-22), 则得到下述的式(1-24)。

$$\begin{aligned}25 \quad Z_{jk} &= (\phi_{jk} - \phi_{kj}) + (\Delta\phi RX_k - \Delta\phi TX_k) - (\Delta\phi RX_j - \Delta\phi TX_j), \\ (j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (1-23)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{jk} &= (\log_e [A_{jk}] - \log_e [A_{kj}]) + (\log_e [ARX_k] - \log_e [ATX_j]) \\ &\quad - (\log_e [ARX_j] - \log_e [ATX_k]), \\ (j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (1-24)\end{aligned}$$

其中, ϕ_{jk} 和 ϕ_{kj} 分别是传播的方向相反、但通过完全相同的电路或
30 传播路径的信号的相位旋转量, 它们的值相互一致(其中 $j \neq k$)。因此, 下述的式(1-25)成立。

另一方面, $\log_e [A_{jk}]$ 和 $\log_e [A_{kj}]$ 分别是传播的方向相反、但通过

完全相同的电路或传播路径的信号振幅变动量，它们的值相互一致（其中 $j \neq k$ ）。因此，下述的式（1-26）成立。

$$\phi_{jk} = \phi_{kj}, \quad (j=1, 2, \dots, n), \quad (k=1, 2, \dots, n),$$

其中, $j \neq k$... (1-25)

$$\log_e [A_{jk}] = \log_e [A_{kj}], \quad (j=1, 2, \dots, n), \quad (k=1, 2, \dots, n),$$

其中, $j \neq k$... (1-26)

其中，如果信号通过第 j 号的传输系统的接收电路产生的信号的相位旋转量和信号通过相同的传输系统的发送电路产生的信号的相位旋转量之差为 $\Delta\phi_j$ ，则按下述的式（1-27）来表示，而如果信号通过第 j 号的传输系统的接收电路产生的信号的振幅变动量和信号通过相同的传输系统的发送电路产生的信号的振幅变动量之差为 ΔA_j ，则按下述的式（1-28）来表示。

$$\Delta\phi_j = \Delta\phi_{RX_j} - \Delta\phi_{TX_j}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (1-27)$$

$$\Delta A_j = \log_e [ARX_j] - \log_e [ATX_j], \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (1-28)$$

如果将式（1-25）和（1-27）代入上述式（1-23），则变为下式（1-29）。

$$Z_{jk} = \Delta\phi_k - \Delta\phi_j,$$

$(j=1, 2, \dots, n-1), \quad (k=j+1, j+2, \dots, n)$... (1-29)

该式是未知变量的个数为 n 个、独立的一次方程式的个数为 $n(n-1)/2$ 个的联立方程式，表示成下式（1-30）那样。

$$Z_{12} = \Delta\phi_2 - \Delta\phi_1$$

$$Z_{13} = \Delta\phi_3 - \Delta\phi_1$$

...

$$Z_{n-1n} = \Delta\phi_n - \Delta\phi_{n-1} \quad \dots (1-30)$$

另一方面，如果将式（1-26）和式（1-28）代入上式（1-24），则变为下式（1-31）。

$$V_{jk} = \Delta A_k - \Delta A_j,$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), \quad (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (1-31)$$

该式也是未知变量的个数为 n 个、独立的一次方程式的个数为 $n(n-1)/2$ 个的联立方程式，表示成下式（1-32）那样。

$$V_{12} = \Delta A_2 - \Delta A_1$$

$$V_{13} = \Delta A_3 - \Delta A_1$$

$$V_{n-1,n} = \Delta A_n - \Delta A_{n-1}$$

... (1-32)

为了解这些联立一次方程式，构成各联立一次方程式的总数 n ($n-1$)/2 必须至少与未知的变量的个数 n 相同。即，在 n 为 3 以上时，由于 $n(n-1)/2 \geq n$ 成立，所以如果各传输系统的数目 n 为 3 以上，则在各个联立一次方程式 (1-31) 和 (1-32) 中，方程式的个数超过未知的变量的个数，在双方的联立一次方程式中可以求所有的未知变量的值。

即，通过解这些联立一次方程式 (1-31) 和 (1-32)，在所有的传输系统中，可以算出通过发送电路和接收电路的信号之间的相位旋转量之差 $\Delta\phi_j$ ($j=1, 2, \dots, n$) 和振幅变动量之差 ΔA_j ($j=1, 2, \dots, n$)。

然后，通过将这样计算估计的各传输系统的接收电路和发送电路之间的相位旋转量之差的有关信息提供给该传输系统的移相器，将各传输系统的接收电路和发送电路之间的振幅变动量之差有关的信息提供给该传输系统的衰减器，在各传输系统中，对接收信号和发送信号之间的相位旋转量和振幅变动量之差进行补偿，可以进行传输特性的校准。

上述的本发明的第 2 基本结构的操作实际上通过构成信号处理电路 20 的微计算机以软件来执行。图 20 和图 21 表示使用微计算机以软件来实现上述第 2 基本结构的操作时的流程图。

首先，如果按规定的定时（或通过来自外部的指令）来产生相位和振幅误差的估计命令，则开始上述的校准操作。

首先，在步骤 S2-1 中，选择第 $j=1$ 号的传输系统，在步骤 S2-2 中，将该传输系统的移相器 PS_1 的相位旋转量设定为 0，将衰减器 ATT_1 的振幅变动量 A_1 设定为 1 (=0dB)。然后，从存储器 21 输出与该第 1 号传输系统对应的已知信号 $S_1(t)$ 。

接着，在步骤 S2-3 中，将变量 k 设定为 1，在步骤 S2-4 中，判断该传输系统是否为第 $k=1$ 号。这里，由于 $k=j=1$ ，所以不进行任何处理，在步骤 S2-6、S2-7 中将 k 的值增加 1。在步骤 S2-4 中如果判断为 $k \neq j$ ，则在步骤 S2-5 中用第 k 号的传输系统的接收信号测定装置 SM_k 来测定从第 1 号传输路径的天线振子 ANT_1 发送的电波信号，求

$RX_{ik}(t)$, 通过上述的式(1-13)~式(1-22)来算出 $RX_{ik}(t)/S_i(t)$ 的相位分量 Y_{ik} 振幅分量 X_{ik} , 存储到存储器 21 中。

在步骤 S2-6 中, 如果判断为 k 达到 n , 则在步骤 S2-8、S2-9 中将 j 的值增加 1, 在下一个传输系统 $j=2$ 时, 重复上述步骤 S2-2~S2-7 的操作。

这样, 在步骤 S2-8 中, 如果判断为 j 达到 n , 则算出与 ($j=1, 2, \dots, n$)、($k=1, 2, \dots, n$) 的所有组合 (其中 $j \neq k$) 对应的 Y_{jk} 、 X_{jk} , 存储到存储器 21 中。

接着, 在图 21 的步骤 S2-10 中设定 $j=1$, 在步骤 S2-11 中设定 $k=j+1$, 如上述那样计算 $Z_{jk}=Y_{jk}-Y_{kj}$ 和 $V_{jk}=X_{jk}-X_{kj}$, 存储到存储器 21 中。通过步骤 S2-13 和 S2-14, 一边使 k 每次增加 1 一边计算 Z_{jk} 、 V_{jk} , 如果在步骤 S2-13 中判定为 k 达到 n , 则通过步骤 S2-15、S2-16 使 j 每次增加 1, 并重复计算上述的 Z_{jk} 、 V_{jk} 。如果在步骤 S2-15 中判定为 j 达到 $n-1$, 则算出与 ($j=1, 2, \dots, n$)、($k=1, 2, \dots, n$) 的所有组合 (其中 $j \neq k$) 对应的 Z_{jk} 、 V_{jk} , 存储到存储器 21 中。

接着, 在步骤 S2-17 中, 使用存储器 21 中存储的所有的 Z_{jk} 、 V_{jk} ($j=1, 2, \dots, n$) ($k=1, 2, \dots, n$) (其中 $j \neq k$) 来解上述的式(1-30)和式(1-32)两个联立一次方程式。

最后, 在步骤 S2-18 中, 将算出的各传输系统的发送电路和接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差分别设定在该传输系统的 (预先设定为 0) 移相器和 (预先设定为 1) 衰减器中。由此, 在各传输系统的发送时, 分别补偿上述的传输特性之差, 执行校准。

下面, 图 22 和图 23 表示上述的图 20 和图 21 所示的操作的变形例的流程图。图 22 和图 23 所示的操作除了以下方面之外与图 20 和图 21 所示的操作相同, 对于共同的操作不再重复说明。

即, 在图 20 的例中, 在步骤 S2-2 中, 将各传输系统的移相器的相位旋转量设定为 0, 将衰减器的振幅变动量设定为 1 (=0dB), 而在图 22 的例中, 在步骤 S2-2a 中, 不进行这样的设定, 而是测定此时的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 和衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j , 分别存储到存储器 21 中。

然后, 在图 21 的例中, 在步骤 S2-18 中, 在各传输系统中, 通过将计算的发送电路和接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动

量之差设定在对应的传输系统的预先设定为 0 的移相器和预先设定为 1 的衰减器中，对于进行补偿上述差的校准来说，在图 23 的例中，在步骤 S2-18a 中，在校准开始时读出由图 22 的步骤 S2-18a 测定的存储器 21 中存储的移相器和衰减器的初始值 θ_j 和 A_j ，通过将 these 初始值用计算的相位旋转量之差和振幅变动量之差来校正，从而进行校准。

下面，图 24 是图 3 所示的本发明第 2 基本结构的变形例，表示仅估计各传输系统的发送电路和接收电路之间的相位旋转量差的情况的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的结构方框图。图 24 的电路结构除了在各传输系统中省略了衰减器 ATT_j 和振幅抽取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 之外，与图 3 所示的第 2 基本结构相同，所以引用图 3 的说明，省略图 24 的说明。

此外，图 25 和图 26 是使用微计算机以软件来实现图 24 所示的电路操作时的流程图，除了省略了与振幅分量有关的运算以外，与图 20 和图 21 所示的流程图相同，所以引用图 20 和图 21 的说明，省略图 25 和图 26 的说明。

下面，图 27 是图 3 所示的本发明第 2 基本结构的又一变形例，表示仅估计各传输系统的发送电路和接收电路之间的振幅变动量差的情况的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的结构方框图。图 27 的电路结构除了在各传输系统中省略了移相器 PS_j 和相位抽取电路 PE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 之外，与图 3 所示的第 2 基本结构相同，所以引用图 3 的说明，省略图 27 的说明。

此外，图 28 和图 29 是使用微计算机以软件来实现图 27 所示的电路操作时的流程图，除了与相位分量有关的运算之外，与图 20 和图 21 所示的流程图相同，所以引用图 20 和图 21 的说明，省略图 28 和图 29 的说明。

[第 2 基本结构的实施例]

实施例 3

下面，图 30 表示图 3 所示的本发明第 2 基本结构的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的具体电路结构的实施例 3 的方框图。

与图 3 的电路结构相比，在第 2 基本结构中，各传输系统的相位抽取电路 PE_j 和振幅抽取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 由 1 个乘法器 MP_j

和 1 个信号处理电路 SP_j 构成。

首先，各传输系统的乘法器 MP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 进行图 19 中有关说明的式 (1-15) 的运算。即，将接收信号测定装置 SM_j 测定的接收信号除以该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 。

接着，各传输系统的信号处理电路 SP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 进行图 19 中有关说明的式 (1-16) ~ 式 (1-22) 的运算。即，信号处理电路 SP_j 计算对应的乘法器 MP_j 输出的自然对数，抽取其虚数部作为 Y_{nj} ，形成式 (1-21) 的与相位有关的方程式，并且抽取实数部作为 X_{nj} ，形成式 (1-22) 的与振幅有关的方程式。

图 31 是说明图 30 所示的实施例 3 的操作流程图，与图 20 所示的第 2 基本结构的操作的前半部分对应。与图 20 的流程图相比，用图 20 的步骤 S2-5 进行的信号处理内容由图 31 的步骤 S2-6d 特别记述。即，在图 31 的步骤 S2-6d 中，通过计算 $RX_{jk}(t)/S_j(t)$ 的自然对数，抽取其虚数部和实数部，得到相位分量的方程式 (1-21) 和振幅分量的方程式 (1-22)。

实施例 4

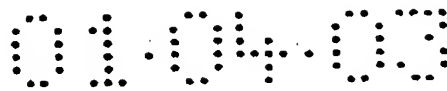
下面，图 32 表示图 3 所示的本发明第 2 基本结构的自适应阵列无线基站的信号处理电路 20 的另一具体电路结构的实施例 4 的方框图。

与图 3 的电路结构相比，在第 2 基本结构内，各传输系统的相位抽取电路 PE_j 和振幅抽取电路 AE_j ($j=1, 2, \dots, n$) 由一个信号处理电路 SP_j 和 2 个减法器 SA_j 、 SB_j 构成。

首先，各传输系统的信号处理电路 SP_j ($j=1, 2, \dots, n$) 计算用接收信号测定装置 SM_j 测定的接收信号的自然对数，抽取其虚数部提供给一个减法器 SA_j ，并且抽取实数部提供给另一个减法器 SB_j 。

上述一个减法器 SA_j 从提供的接收信号的虚数部中减去计算该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 的自然对数所得的虚数部 $\text{Im}[\log\{S_j(t)\}]$ 。上述另一个减法器 SB_j 从提供的接收信号的实数部中减去计算该传输系统的已知的发送信号 $S_j(t)$ 的自然对数所得的实数部 $\text{Re}[\log\{S_j(t)\}]$ 。

将上述一个减法器 SA_j 的虚数部的减法结果作为 Y_{nj} 抽出，形成式 (1-21) 的与相位有关的方程式，并且将另一个减法器 SB_j 的实数部



的减法结果作为 X_{jk} 抽出，形成式 (1-22) 的与振幅有关的方程式。

如以上，在图 32 的实施例 4 中，在首先进行接收信号的虚数部和实数部的分离之后，分别减去已知信号 $S_j(t)$ 的虚数部和实数部。

对此，在图 19 和图 30 中有关说明的实施例 3 中，在虚数部和实数部的分离之前，将接收信号除以已知信号，运算的顺序颠倒。但是，无论哪种方法，结果都可得到用式 (1-21) 和式 (1-22) 表示的方程式，所以认为图 32 所示的电路结构也与图 3 所示的第 2 基本结构等价。

图 33 表示图 32 所示的实施例 4 的操作流程图，与图 20 所示的第 2 基本结构的前半部分对应。与图 20 的流程图相比，用图 20 的步骤 S2-5 进行的信号处理的内容通过图 32 的步骤 S2-5e 特别记述。即，在图 33 的步骤 S2-5e 中，通过从计算 $RX_{jk}(t)$ 的自然对数的虚数部和实数部中分别减去计算 $S_j(t)$ 的自然对数的虚数部和实数部，得到相位分量的方程式 (1-21) 和振幅分量的方程式 (1-22)。

再有，在这些实施例 3 和 4 的说明中，如上所述，都以 S/N 十分良好为前提。即，图 30~图 33 所示的实施例 3 和 4 在接收信号的 S/N 比良好的情况下有效，与后述的其它实施例相比，可以用比较少的信号处理来进行各传输系统的发送电路、接收电路之间的相位旋转量差和振幅变动量差的估计。

[第 1 基本结构中设置时间平均电路的方式]

实施例 5

下面，图 34 表示本发明实施例 5 的具体电路结构的方框图。图 34 所示的实施例 5 是在图 15 所示的本发明第 1 基本结构的实施例 1 中附加时间平均电路。以下，说明本实施例 5 的自适应阵列无线基站的工作原理。

首先，在校准时，将第 j 号 ($j=1, 2, \dots, n$) 的传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 设定为 0，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 (=0dB)。然后，从存储器 21 中读出与该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$ ，通过天线振子 ANT_j 来发送。

发送的信号由除了第 j 号传输系统以外的其它所有传输系统的天线振子 ANT_k ($k=1, 2, \dots, n$ ，其中 $j \neq k$) 接收，用各传输系统的接收信号测定装置 SM_k 作为接收信号 $R_{jk}(t)$ 来测定。

再有，通过将第 j 号传输系统的天线共用器 SW_j 进行切换，使得发送电路 TX_j 连接到相同的传输系统的接收电路 RX_j ，来自发送电路 TX_j 的发送信号由该传输系统本身的接收电路 SM_j 作为接收信号 $RX_{jj}(t)$ 来测定。

第 j 号传输系统送出的由第 k 号传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用在图 6 的第 1 基本结构中前面有关说明的式 (1-1) 来表示，但还从第 1 号至第 n 号依次切换发送信号的传输系统，每次由从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用前面说明的式 (1-2) 来表示。再有，在这些式中， $n_{jk}(t)$ 表示噪声。

如果将该式 (1-2) 的两边用各传输系统的乘法器 MP_j 来除以已知信号 $S_j(t)$ ，将包括噪声的项从左边移动到右边，则变为下述的式 (2-1)。然后，用各传输系统的时间平均电路 TA_j ($j=1, 2, \dots, n$) 对该式 (2-1) 进行时间平均，则左边对于时间来说一般为常数，所以变为下述的式 (2-2)。

$$A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} \\ = RX_{jk}(t) / S_j(t) - n_{jk}(t) / S_j(t) \quad \dots (2-1)$$

$$A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} \\ = \text{Ave}[RX_{jk}(t) / S_j(t)] - \text{Ave}[n_{jk}(t) / S_j(t)] \quad \dots (2-2)$$

再有，在上式中， $\text{Ave}[\cdot]$ 指 $[\cdot]$ 的时间平均操作。

其中，根据噪声的性质，由于 $\text{Ave}[n_{jk}(t) / S_j(t)] = 0$ ，所以如果用各传输系统的信号处理电路 SP_j 来计算上述的式 (2-2) 两边的自然对数，则如下述的式 (2-3) 所示。然后，如果着眼于其虚数部，则导出下述的式 (2-4)，而如果着眼于其实数部，则导出下述的式 (2-5)。

$$\log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] + i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \\ = \log_e[\text{Ave}[RX_{jk}(t) / S_j(t)]] \quad \dots (2-3)$$

$$\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im}[\log_e[\text{Ave}[RX_{jk}(t) / S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中，} \phi_{jk} = 0 \quad (j=k \text{ 时}) \quad \dots (2-4)$$

$$\log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] = \text{Re}[\log_e[\text{Ave}[RX_{jk}(t) / S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中，} A_{jk} = 1 \quad (j=k \text{ 时}) \quad \dots (2-5)$$

其中，式（2-4）和式（2-5）的各自右边在各传输系统中可以通过测定和计算来求，将其计算结果存储在存储器 21 中。

因此，如果式（2-4）和式（2-5）的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} ，则各自的式如下述的式（2-6）和式（2-7）所示。

$$\begin{aligned} Y_{jk} &= \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k \\ (j &= 1, 2, \dots, n), (k = 1, 2, \dots, n) \\ \text{其中, } \phi_{jk} &= 0 \text{ (} j=k \text{ 时)} \end{aligned} \quad \dots (2-6)$$

$$\begin{aligned} X_{jk} &= \log_e[A_{jk}] + \log_e[ATX_j] + \log_e[ARX_k] \\ (j &= 1, 2, \dots, n), (k = 1, 2, \dots, n) \\ \text{其中, } A_{jk} &= 1 \text{ (} j=k \text{ 时)} \end{aligned} \quad \dots (2-7)$$

以后的处理与图 6 中有关说明的处理相同，如果传输系统的数目 n 为 3 以上，则通过使用存储器 21 中存储的值 Y_{jk} 、 X_{jk} 来解上述的联立一次方程式（2-6）和（2-7），在所有的传输系统中，可以计算通过发送电路 TX_j ($j=1, 2, \dots, n$) 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi TX_j$ 和振幅变动量 ATX_j 、通过接收电路 RX_j 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi RX_j$ 和振幅变动量 ARX_j 。

然后，通过将这样估计的各传输系统的接收电路和发送电路之间的相位差信息提供给该传输系统的移相器，将各传输系统的振幅变动量信息提供给传输系统的衰减器，可以在各传输系统中进行接收信号和发送信号之间的传输特性的校准。

图 35 是说明图 34 所示的实施例 5 的操作流程图，与图 16 所示的实施例 1 的操作对应。与图 16 的流程图相比，在图 35 中，不同之处在于，在步骤 S1-6f 中附加用 $Ave[\cdot]$ 表示的时间平均操作。即，在图 35 的步骤 S1-6f 中，通过抽取 $\log_e[Ave\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}]$ 的虚数部和实数部，来得到相位分量的方程式（2-6）和振幅分量的方程式（2-7）。

图 36 是详细表示图 35 的步骤 S1-6f 的计算例行程序的流程图。在图 36 中，将临时变量 Tmp 设为 0，进行 $RX_{jk}(t)/S_j(t)$ 的累计，直至达到时间 T 。然后，将该累计结果除以 T ，计算时间平均 Tmp/T ，计算其自然对数并抽出虚数部 Y_{jk} 、实数部 X_{jk} 。

除了该步骤 S1-6f 以外，其它处理与图 16 的流程图相同，所以省略其说明。

如以上，根据本发明的实施例 5，可通过在各传输系统中设置时间平均电路来消去噪声分量，所以例如即使接收信号的噪声分量多、S/N 比差，也可以抑制噪声影响造成的估计误差，可以良好地估计各传输系统的相位差和振幅变动量信息。

5 实施例 6 和 7

下面，图 37 表示本发明实施例 6 的具体电路结构的方框图。图 37 所示的实施例 6 是在图 15 所示的本发明第 1 基本结构的实施例 1 中与图 34 的实施例 5 不同的位置上附加时间平均电路。

即，将上述的式 (1-2) 的两边除以已知信号 $S_j(t)$ ，不进行实施例 5 所示的时间平均，而计算自然对数，进行泰勒展开。在 S/N 比并不好的条件下，泰勒展开的结果用下述的近似式 (2-8) 来表示。

如果分别抽出该式 (2-8) 两边的虚数部和实数部，进行时间平均，则左边的包括噪声分量 $N_{jk}(t)$ 的项变为 0，其它项相对于时间是常数，所以得到下述的式 (2-9) 和式 (2-10)

$$\begin{aligned} \log_e [A_{jk}ATX_jARX_k] + i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \\ + n_{jk}(t) / [A_{jk}ATX_jARX_k \exp \\ \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t)] = \log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)] \end{aligned} \quad \dots (2-8)$$

$$\begin{aligned} \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Ave} [\text{Im} [\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad \dots (2-9)$$

其中， $\phi_{jk}=0$ ($j=k$ 时)

$$\begin{aligned} \log_e [A_{jk}ATX_jARX_k] = \text{Ave} [\text{Re} [\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \quad \dots (2-10)$$

其中， $A_{jk}=1$ ($j=k$ 时)

其中，式 (2-9) 和式 (2-10) 的各自右边在各传输系统中可以通过测定和计算来求，将该计算结果都存储在存储器 21 中。

因此，如果式 (2-9) 和式 (2-10) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} ，则各自的式变为图 34 中有关说明的联立一次方程式 (2-6) 和 (2-7)，以后的处理与图 34 中有关说明的处理相同。

下面，图 38 表示本发明实施例 7 的具体电路结构的方框图。图 38 所示的实施例 7 是将图 15 所示的本发明第 1 实施例中的信号处理电路 SP_j 用对数计算电路 LC_j 和时间平均电路 TA_j 和 I/Q 分离电路 IQ_j

来置换。

即，通过乘法器 MP_j 将上述的式 (1-2) 的两边除以已知信号 $S_j(t)$ ，用对数计算电路 LC_j 来计算两边的自然对数并进行泰勒展开。在 S/N 比并不那样好的条件下，泰勒展开的结果为上述的式 (2-8)。

5 在本实施例 7 中，如上述实施例 6 所示，在该阶段不进行虚数部和实数部的分离，而通过时间平均电路 TA_j 对式 (2-8) 进行时间平均操作。这种情况下，式 (2-8) 的左边第 1 项和第 2 项相对于时间为常数，由于包括噪声分量 $N_{jk}(t)$ 的项通过时间平均变为 0，所以得到下述的式 (2-11)。

10 然后，如果通过该 I/Q 分离电路 IQ_j 分别抽取该式 (2-11) 两边的虚数部和实数部，则得到下述的式 (2-12) 和式 (2-13)。

$$\log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] + i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \\ = \text{Ave}[\log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)]] \quad \dots (2-11)$$

$$\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im}[\text{Ave}[\log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } \phi_{jk}=0 (j=k \text{ 时}) \quad \dots (2-12)$$

$$\log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] = \text{Re}[\text{Ave}[\log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } A_{jk}=1 (j=k \text{ 时}) \quad \dots (2-13)$$

20 其中，式 (2-12) 和式 (2-13) 的各自右边在各传输系统中可以通过测定和计算来求，将该计算结果都存储在存储器 21 中。

因此，如果式 (2-12) 和式 (2-13) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} ，则各自的式变为图 34 中有关说明的联立一次方程式 (2-6) 和 (2-7)，以后的处理与图 34 中有关说明的处理相同。

25 图 39 是概括说明图 37 和图 38 所示的实施例 6 和 7 的操作流程图，与图 16 所示的实施例 1 的操作对应。

此外，图 40 表示与图 39 的流程图的步骤 S1-6g 对应的实施例 6 的计算例行程序的流程图，图 41 表示与图 39 的流程图的步骤 S1-6g 对应的实施例 7 的计算例行程序的流程图。

30 在实施例 6 中，在步骤 S1-6g 中，在分离 $\log_e\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}$ 的虚数部和实数部之后，进行时间平均，得到相位分量 Y_{jk} 、振幅分量 X_{jk} 。

如果更详细进行说明, 则在图 40 的流程图中, 设 Y_{jk} 、 X_{jk} 为 0, 进行 $\log_e \{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}$ 的虚数部和实数部的累计, 直至达到时间 T 。然后, 将该累计结果除以 T , 计算时间平均 Y_{jk}/T 、 X_{jk}/T , 作为相位分量 Y_{jk} 、振幅分量 X_{jk} 输出。除了步骤 S1-6g 以外, 实施例 6 的其它处理与图 16 的实施例 1 的处理相同。

在实施例 7 中, 在步骤 S1-6g 中, 在进行 $\log_e \{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}$ 的时间平均之后, 分离虚数部和实数部, 得到相位分量 Y_{jk} 和振幅分量 X_{jk} 。

如果更详细地说明, 则在图 41 的流程图中, 设临时变量 T_{ap} 为 0, 进行 $\log_e \{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}$ 的累计, 直至达到时间 T 。然后, 将该累计结果除以 T , 计算时间平均 T_{ap}/T , 将其虚数部作为相位分量 Y_{jk} 抽出, 将实数部作为振幅分量 X_{jk} 抽出。除了步骤 S1-6g 以外, 实施例 7 的其它处理与图 16 的实施例 1 的处理相同。

实施例 8 和 9

下面, 图 42 表示本发明实施例 8 的具体电路结构的方框图。图 42 所示的实施例 8 与图 37 所示的实施例 6 相比, 不同之处在于, 不进行测定的接收信号 $RX_{jk}(t)$ 与已知信号 $S_j(t)$ 的除法, 而在最后阶段进行计算自然对数并且分离为虚数部和实数部并取时间平均的接收信号与已知信号 $S_j(t)$ 的除法。

图 43 表示本发明实施例 9 的具体电路结构的方框图。图 43 所示的实施例 9 与图 38 所示的实施例 7 相比, 不同之处在于, 不进行测定的接收信号 $RX_{jk}(t)$ 与已知信号 $S_j(t)$ 的除法, 而在最后阶段进行计算自然对数、取时间平均、并且分离为虚数部和实数部的接收信号与已知信号 $S_j(t)$ 的除法。

图 42 和图 43 所示的实施例 8 和 9 的操作也通过图 39 的流程图被概括性地示出。此外, 图 44 表示与图 39 的流程图的步骤 S1-6g 对应的表示实施例 8 的计算例行程序的流程图, 图 45 表示与图 39 的流程图的步骤 S1-6g 对应的表示实施例 9 的计算例行程序的流程图。

在实施例 8 中, 在步骤 S1-6a 中, 在分离 $\log_e \{RX_{jk}(t)\}$ 的虚数部和实数部之后, 进行时间平均, 然后, 分别减去存储器中存储的 $\log_e \{S_j(t)\}$ 的虚数部和实数部的平均值, 得到相位分量 Y_{jk} 、振幅分量 X_{jk} 。

更具体地说, 在图 44 的流程图中, 置 Y_{jk} 、 X_{jk} 为 0, 进行 $\log_e\{RX_{jk}(t)\}$ 的虚数部和实数部的累计, 直至达到时间 T 。然后, 将该累计结果除以 T , 计算时间平均 Y_{jk}/T 、 X_{jk}/T , 从中分别减去存储器 21 中存储的 $\log_e\{S_j(t)\}$ 的虚数部和实数部的平均值, 作为相位分量 Y_{jk} 、
5 振幅分量 X_{jk} 输出。除了步骤 S1-6a 以外, 实施例 8 的其它处理与图 16 的实施例 1 的处理相同。

在实施例 9 中, 在步骤 S1-6a 中, 在对 $\log_e\{RX_{jk}(t)\}$ 进行时间平均之后, 分离为虚数部和实数部, 然后, 分别减去存储器中存储的 $\log_e\{S_j(t)\}$ 的平均值的虚数部和实数部, 得到相位分量 Y_{jk} 、振幅
10 分量 X_{jk} 。

更具体地说, 在图 45 的流程图中, 置临时变量 Tmp 为 0, 进行 $\log_e\{RX_{jk}(t)\}$ 的累计, 直至达到时间 T 。然后, 将该累计结果除以 T , 计算时间平均 Tmp/T , 从中分别减去存储器 21 中存储的 $\log_e\{S_j(t)\}$ 的平均值的虚数部和实数部, 得到相位分量 Y_{jk} 和振幅分量 X_{jk} 。

如以上, 根据这些实施例 6 至 9, 通过在各传输系统中设置时间
15 平均电路, 可以消去包括噪声分量的项, 所以即使例如接收信号的 S/N 比差, 也可以抑制噪声影响造成的估计误差, 可以良好地估计各传输系统的相位差和振幅变动量信息。

[在第 2 基本结构中设置时间平均电路的方式]

20 实施例 10

下面, 图 46 表示本发明实施例 10 的具体电路结构的方框图。图 46 所示的实施例 10 是在图 30 所示的本发明的第 2 基本结构的实施例 3 中附加时间平均电路。以下, 说明本实施例 10 的自适应阵列无线基
站的工作原理。

25 首先, 在校准时, 将第 j 号 ($j=1, 2, \dots, n$) 的传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 设定为 0, 将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 ($=0\text{dB}$)。然后, 从存储器 21 中读出与该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$, 通过天线振子 ANT_j 来发送。

30 发送的信号由除了第 j 号传输系统以外的其它所有传输系统的天线振子 ANT_k ($k=1, 2, \dots, n$, 其中 $j \neq k$) 接收, 用各传输系统的接收信号测定装置 SM_k 作为接收信号 $RX_{jk}(t)$ 来测定。

再有, 在该图 46 所示的实施例 10 中, 不切换天线共用器, 使得

各传输系统中发送电路和接收电路连接。

从第 j 号传输系统送出的、由第 k 号传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用图 19 的第 2 基本结构中前面有关说明的式 (1-13) 来表示, 而且从第 1 号至第 n 号依次切换发送信号的传输系统, 每次除了正在发送的传输系统以外由从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用前面说明的式 (1-14) 来表示。再有, 在这些式中, $n_{jk}(t)$ 表示噪声。

将该式 (1-14) 的两边用各传输系统的乘法器 MP_j 来除以已知信号 $S_j(t)$, 如果将包括噪声的项从左边转移到右边, 则变为图 34 中前面有关说明的式 (2-1)。然后, 如果用各传输系统的时间平均电路 TA_j ($j=1, 2, \dots, n$) 来对该式 (2-1) 进行时间平均, 则由于左边相对于时间为常数, 所以变为前面的式 (2-2)。

其中, 根据噪声的性质, 由于 $\text{Ave}[n_{jk}(t)/S_j(t)]=0$, 所以如果用各传输系统的信号处理电路 SP_j 来计算前面的式 (2-2) 两边的自然对数, 则如下述的式 (2-3) 所示。然后, 如果着眼于其虚数部, 则导出下述的式 (2-14), 而如果着眼于其实数部, 则导出下述的式 (2-15)。

$$\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im}[\log_e[\text{Ave}[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-14)$$

$$\log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] = \text{Re}[\log_e[\text{Ave}[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-15)$$

其中, 式 (2-14) 和式 (2-15) 的各自右边可以在各传输系统中通过测定和计算来求, 将其计算结果存储在存储器 21 中。

因此, 如果式 (2-14) 和式 (2-15) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各自的式变为下述的式 (2-16) 和式 (2-17)。

$$Y_{jk} = \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k \quad (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-16)$$

$$X_{jk} = \log_e[A_{jk}] + \log_e[ATX_j] + \log_e[ARX_k]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-17)$$

在这样求出的相位信息中, 如果在 $Y_{jk}-Y_{kj}=Z_{jk}$ 中代入式 (2-16), 则得到下述的联立一次方程式 (2-18). 此外, 在得到的振幅信息中, 如果在 $X_{jk}-X_{kj}=V_{jk}$ 中代入式 (2-17), 则得到下述的式 (2-19).

$$Z_{jk}=Y_{jk}-Y_{kj}=\Delta\phi_k-\Delta\phi_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (2-18)$$

$$V_{jk}=X_{jk}-X_{kj}=\Delta A_k-\Delta A_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (2-19)$$

以后的处理与图 19 中有关说明的处理相同, 如果传输系统的数目 n 在 3 以上, 通过使用存储器 21 中存储的值 Y_{jk} 、 X_{jk} , 解上述的联立一次方程式 (2-18) 和 (2-19), 在所有的传输系统中, 可以计算通过发送电路和接收电路的信号之间的相位旋转量之差 $\Delta\phi_j$ 和振幅变动量之差 ΔA_j .

然后, 通过将这样估计的各传输系统的接收电路和发送电路之间的相位差信息提供给该传输系统的移相器, 将各传输系统的振幅变动量信息提供给该传输系统的衰减器, 可以在各传输系统中进行接收信号和发送信号之间的传输特性的校准.

图 47 是说明图 46 所示的实施例 10 的操作流程图, 与图 31 所示的实施例 3 的操作对应. 与图 31 的流程图相比, 不同点在于, 在图 47 中, 在步骤 S2-5f 中, 增加用 $Ave[\cdot]$ 表示的时间平均操作. 即, 在图 47 的步骤 S2-5f 中, 通过抽出 $\log.[Ave\{RX_{jk}(t)/S_j(t)\}]$ 的虚数部和实数部, 来获得相位分量的方程式 (2-18) 和振幅分量的方程式 (2-19).

由于除了步骤 S2-5f 的计算例行程序与实施例 5 中有关说明的图 36 的计算例行程序相同, 所以省略其说明.

由于除了步骤 S2-5f 以外的其它处理与图 31 的流程图相同, 所以省略其说明.

如以上, 根据本发明的实施例 10, 由于在各传输系统中, 通过设置时间平均电路可以消去包括噪声分量的项, 所以例如即使接收信号的噪声分量强、S/N 比差, 也可以抑制噪声影响造成的估计误差, 可以良好地估计各传输系统的相位差和振幅变动量信息.

实施例 11 和 12

下面, 图 48 表示本发明实施例 11 的具体电路结构的方框图. 图

48 所示的实施例 11 是在图 30 所示的本发明第 1 基本结构的实施例 3 中在与图 46 的实施例 10 的不同位置上附加时间平均电路。

即, 将上述的式 (1-2) 的两边除以已知信号 $S_j(t)$, 不进行如实施例 10 那样的时间平均, 而计算自然对数, 并进行泰勒展开。在 S/N 比不太好的条件下, 泰勒展开的结果可以用前面的近似式 (2-8) 来表示。如果将该式 (2-8) 的两边的虚数部和实数部分别抽出并进行时间平均, 则左边的包括噪声分量 $N_{jk}(t)$ 的项变为 0, 而其它项相对于时间为常数, 所以得到下述的式 (2-20) 和式 (2-21)。

$$\phi_{jk} + \Delta\phi_{TXj} + \Delta\phi_{RXj} = \text{Ave} [\text{Im} [\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-20)$$

$$\log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] = \text{Ave} [\text{Re} [\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (2-21)$$

其中, 式 (2-20) 和式 (2-21) 的各自右边可以通过在各传输系统中通过测定和计算来求, 将其计算结果都存储在存储器 21 中。

因此, 如果式 (2-20) 和式 (2-21) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各自的式变为图 46 中有关说明的式 (2-16) 和式 (2-17), 以后的处理与图 46 中有关说明的处理相同。

下面, 图 49 表示本发明实施例 12 的具体电路结构的方框图。图 49 所示的实施例 12 是将图 30 所示的本发明第 2 基本结构的实施例 3 中的信号处理电路 SP_j 用对数计算电路 LC_j 和时间平均电路 TA_j 及 I/Q 分离电路 IQ_j 来置换。

即, 用乘法器 MP_j 将上述的式 (1-2) 的两边除以已知信号 $S_j(t)$, 用对数计算电路 LC_j 来计算两边的自然对数, 并进行泰勒展开。在 S/N 比并不太好的条件下, 泰勒展开的结果变为上述的式 (2-8)。

在本实施例 12 中, 如上述实施例 11 那样, 在该阶段不进行虚数部和实数部的分离, 而对式 (2-8) 通过时间平均电路 TA_j 来进行时间平均操作。这种情况下, 式 (2-8) 左边第 1 项和第 2 项对于时间来说为常数, 由于包括噪声分量 $N_{jk}(t)$ 的项通过时间平均变为 0, 所以得到上述的式 (2-11)。

然后, 如果通过 I/Q 分离电路 IQ_j 分别抽取该式 (2-11) 两边的

虚数部和实数部，则得到下述的式 (2-22) 和式 (2-23)。

$$\begin{aligned} \phi_{jk} + \Delta\phi_{TX_j} + \Delta\phi_{RX_j} &= \text{Im}[\text{Ave}[\log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \\ \text{其中, } j \neq k &\dots (2-22) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log_e[A_{jk}ATX_jARX_k] &= \text{Re}[\text{Ave}[\log_e[RX_{jk}(t)/S_j(t)]]] \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n) \\ \text{其中, } j \neq k &\dots (2-23) \end{aligned}$$

其中，式 (2-22) 和式 (2-23) 的各自右边可以在各传输系统中通过测定和计算来求，将其计算结果都存储在存储器 21 中。

因此，如果式 (2-22) 和式 (2-23) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} ，则各自的式变为图 46 中有关说明的联立一次方程式 (2-16) 和 (2-17)，以后的处理与图 46 中有关说明的处理相同。

图 50 是概括性地说明图 48 和图 49 所示的实施例 11 和 12 的操作流程图，与图 31 所示的实施例 3 的操作对应。

由于实施例 12 情况下的步骤 S2-5g 的计算例行程序与前面实施例 6 中有关说明的图 40 的计算例行程序相同，所以省略说明。此外，由于实施例 11 情况中的步骤 S2-5g 的计算例行程序与前面实施例 7 中有关说明的图 41 的计算例行程序相同，所以省略说明。

如以上，根据本发明的实施例 11 和 12，通过在各传输系统中设置时间平均电路，即使接收信号的 S/N 比差，也可以抑制噪声影响造成的相位差信息的估计误差。

实施例 13 和 14

下面，图 51 表示本发明实施例 13 的具体电路结构的方框图。

图 51 所示的实施例 13 与图 48 所示的实施例 11 相比，仅有以下不同：不进行测定的接收信号 $RX_{jk}(t)$ 与已知信号 $S_j(t)$ 的除法，而在最后阶段进行计算自然对数、并且分离成虚数部和实数部并取时间平均的接收信号与已知信号 $S_j(t)$ 的除法。

下面，图 52 表示本发明实施例 14 的具体电路结构的方框图。图 52 所示的实施例 14 与图 49 所示的实施例 12 相比，仅有以下不同：不进行测定的接收信号 $RX_{jk}(t)$ 与已知信号 $S_j(t)$ 的除法，而在最后阶段进行计算自然对数、取时间平均、并且分离成虚数部和实数部的接收信号与已知信号 $S_j(t)$ 的除法。

图 51 和图 52 所示的实施例 13 和 14 的操作由图 50 的流程图概括性地示出。

由于实施例 13 情况下的步骤 S2-5g 的计算例行程序与前面实施例 8 中有关说明的图 44 的计算例行程序相同，所以省略说明。

5 由于实施例 14 情况下的步骤 S2-5g 的计算例行程序与前面实施例 9 中有关说明的图 45 的计算例行程序相同，所以省略说明。

如以上，根据本发明的实施例 13 和 14，通过在各传输系统中设置时间平均电路，即使接收信号的 S/N 比差，也可以抑制因噪声的影响造成的相位差和振幅变动量信息的估计误差。

10 [在第 1 基本结构中设置相关电路的方式]

实施例 15

下面，图 53 表示本发明实施例 15 的具体电路结构的方框图。图 53 所示的本实施例 15 是将图 15 所示的本发明的第 1 基本结构的实施例 1 的各传输系统的乘法器 MP_j 用相关器 CR_j ($j=1, 2, \dots, n$) 来置
15 换。以下，说明本实施例 15 的自适应阵列无线基站的工作原理。

首先，在校准时，将第 j 号 ($j=1, 2, \dots, n$) 的传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 设定为 0，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 (=0dB)。然后，从存储器 21 中读出与该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$ ，通过天线振子 ANT_j 来发送。

20 发送的信号由除了第 j 号传输系统以外的其它所有传输系统的天线振子 ANT_k ($k=1, 2, \dots, n$ 其中 $j \neq k$) 接收，用各传输系统的接收信号测定装置 SM_k 作为接收信号 $R_{jk}(t)$ 来测定。

再有，通过将第 j 号传输系统的天线共用器 SW_j 进行切换，使得将发送电路 TX_j 连接到相同的传输系统的接收电路 RX_j ，用该传输系统
25 本身的接收电路 SM_j 将来自发送电路 TX_j 的发送信号作为接收信号 $RX_{jj}(t)$ 来测定。

从第 1 号至第 n 号依次切换发送信号的传输系统，每次由第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收测定的信号 $RX_{jk}(t)$ 用下述的式 (3-1) 来表示。

$$30 \quad RX_{jk}(t) = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \} S_j(t) + I_{jk}(t) + n_{jk}(t) \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中, $A_{jk}=1$, $\phi_{jk}=0$, ($j=k$ 时) ... (3-1)

再有, 在该式中, $I_{jk}(t)$ 表示接收信号中包括的所有干扰信号的合成信号。其中, 干扰信号包括现有技术中说明的来自其它用户的电波信号等。

5 接着, 计算接收信号 $RX_{jk}(t)$ 和对应的传输系统的已知信号 $S_j(t)$ 之间的相互相关值 CS_{jk} 。相互相关值是将作为时间 t 的函数的 2 个信号在共同的时间轴上相互相乘的结果进行相加, 并求其时间平均, 如下述的式 (3-2) 所示。然后, 计算该式 (3-2), 变为式 (3-3)。

$$CS_{jk} = \langle RX_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle \quad \dots (3-2)$$

$$10 \quad CS_{jk} = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \} \\ \langle S_j(t) \cdot S_j(t) \rangle + \langle I_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle + \langle n_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle, \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中, $A_{jk}=1$, $\phi_{jk}=0$, ($j=k$ 时) ... (3-3)

在上述的相关处理性质上, 在发送信号和干扰信号之间、以及发
15 送信号和噪声成分之间不相关。因此, 在已知信号 $S_j(t)$ 、干扰信号 $I_{jk}(t)$ 、和噪声分量 $N_{jk}(t)$ 之间, 下面的式 (3-4)、式 (3-5) 和式 (3-6) 成立。

$$\langle S_j(t) \cdot S_j(t) \rangle = 1 \quad \dots (3-4)$$

$$\langle I_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle = 0 \quad \dots (3-5)$$

$$20 \quad \langle n_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle = 0 \quad \dots (3-6)$$

因此, 如果将这些式 (3-4)、(3-5) 和 (3-6) 代入上述的式 (3-3), 则变为下述的式 (3-7) 所示, 如果计算它的自然对数, 则如式 (3-8) 所示。

$$25 \quad CS_{jk} = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \} \\ (j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $A_{jk}=1$, $\phi_{jk}=0$ ($j=k$ 时) ... (3-7)

$$\log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] + i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) = \log_e [CS_{jk}] \\ \dots (3-8)$$

30 着眼于该式 (3-8) 的虚数部可导出式 (3-9), 而着眼于实数部可导出式 (3-10)。

$$\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im} [\log_e [CS_{jk}]]$$

(j=1、2、...、n), (k=1、2、...、n)

其中, $\phi_{jk}=0$ (j=k 时) ... (3-9)

$$\log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] = \text{Re} [\log_e [CS_{jk}]]$$

(j=1、2、...、n), (k=1、2、...、n)

5 其中, $A_{jk}=1$ (j=k 时) ... (3-10)

其中, 式 (3-9) 和式 (3-10) 的各自右边可以在各传输系统中通过测定和计算来求, 其结果被存储到存储器 21 中。

因此, 如果式 (3-9) 和式 (3-10) 的各自右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各个式如下述的式 (3-11) 和式 (3-12) 所示。

10 $Y_{jk} = \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k$

(j=1、2、...、n), (k=1、2、...、n)

其中 $\phi_{jk}=0$, (j=k 时) ... (3-11)

$$X_{jk} = \log_e [A_{jk}] + \log_e [ATX_j] + \log_e [ARX_k]$$

(j=1、2、...、n), (k=1、2、...、n)

15 其中, $A_{jk}=1$, (j=k 时) ... (3-12)

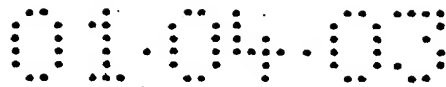
以后的处理与图 6 中有关说明的处理相同, 如果传输系统的数目 n 在 3 以上, 通过使用存储器 21 中存储的值 Y_{jk} 、 X_{jk} , 解上述的联立方程式 (3-11) 和式 (3-12), 对于所有传输系统, 可以计算通过发送电路 TX_j 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi TX_j$ 及振幅变动量 ATX_j 、和通过接收电路 RX_j 产生的信号的相位旋转量 $\Delta\phi RX_j$ 及振幅变动量 ARX_j 。

然后, 通过将这样估计的各传输系统的接收电路和发送电路之间的相位差信息提供给该传输系统的移相器, 将各传输系统的振幅变动量信息提供给该传输系统的衰减器, 可以对各传输系统进行接收信号和发送信号之间的传输特性的校准。

25 图 54 表示与图 16 的实施例 1 的流程图的步骤 S1-6d 对应的实施例 15 的 Y_{jk} 、 X_{jk} 的计算例行程序的流程图。在图 54 的流程图中, 设临时变量 Tmp 为 0, 进行 $RX_{jk}(t) \cdot S_j(t)$ 的累计直到到达时间 T。然后, 将该累计结果除以 T, 计算时间平均 Tmp/T, 计算其自然对数, 抽取虚数部 Y_{jk} 、实数部 X_{jk} 。

30 除了该计算例行程序以外, 其它处理与图 16 的实施例 1 的流程图相同, 因而省略其说明。

如以上, 根据本发明的实施例 15, 通过在各传输系统中设有相关



电路来进行接收信号 $RX_{jk}(t)$ 和已知信号 $S_j(t)$ 的相关处理, 使噪声分量 $N_{jk}(t)$ 和干扰信号 $I_{jk}(t)$ 消失。因此, 在接收信号的 S/N 比差的情况下、或接收信号中混入干扰信号的情况下、或两种情况都出现的情况下, 可以抑制噪声分量、或干扰信号、或双方影响造成的估计误差, 可以良好地估计各传输系统的相位差和振幅变动量信息。

[在第 2 基本结构中设置相关电路的方式]

实施例 16

下面, 图 55 是表示本发明实施例 16 的具体电路结构的方框图。图 55 所示的实施例 16 是将图 30 所示的本发明第 2 基本结构的实施例 3 的各传输系统的乘法器 MP_j 用相关器 CR_j ($j=1, 2, \dots, n$) 来替换。以下, 说明本实施例 16 的自适应阵列无线基站的工作原理。

首先, 在校准时, 将第 j 号 ($j=1, 2, \dots, n$) 传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 设定为 0, 将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 (=0dB)。然后, 从存储器 21 读出与该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$, 通过天线 ANT_j 来发送。

发送的信号由除了第 j 号传输系统之外的其它所有传输系统的天线振子 ANT_k ($k=1, 2, \dots, n$, 其中 $j \neq k$) 来接收, 由各传输系统的接收信号测定器装置 SM_k 作为接收信号 $RX_{jk}(t)$ 进行测定。

再有, 在图 55 所示的实施例 16 中, 在各传输系统中, 不切换天线共用器, 使得发送电路和接收电路进行连接。

按从第 1 号至第 n 号依次切换传输信号的传输系统, 每次由除了正在发送的传输系统以外的从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收的测定信号 $RX_{jk}(t)$ 用下述的式 (3-13) 表示。

$$RX_{jk}(t) = A_{jk}ATX_jARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi_{TX_j} + \Delta\phi_{RX_k})\} S_j(t) + I_{jk}(t) + n_{jk}(t)$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-13)

接着, 如果计算接收信号 $RX_{jk}(t)$ 和对应的传输系统的已知信号 $S_j(t)$ 的相互相关值 CS_{jk} , 则变为式 (3-14)。

$$CS_{jk} = A_{jk}ATX_jARX_k \exp \{i(\phi_{jk} + \Delta\phi_{TX_j} + \Delta\phi_{RX_k})\} \langle S_j(t) \cdot S_j(t) \rangle + \langle I_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle + \langle n_{jk}(t) \cdot S_j(t) \rangle$$
$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-14)

如果将上述的式 (3-4)、(3-5) 和 (3-6) 代入上述的式 (3-14), 则如下述的式 (3-15) 所示, 如果计算它的自然对数, 则如式 (3-16) 所示。

$$5 \quad CS_{jk} = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \}$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-15)

$$\log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] + j (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) = \log_e [CS_{jk}]$$

... (3-16)

10 着眼于该式 (3-16) 的虚数部可导出式 (3-17), 而着眼于实数部可导出式 (3-18)。

$$\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im} [\log_e [CS_{jk}]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-17)

$$15 \quad \log_e [A_{jk} ATX_j ARX_k] = \text{Re} [\log_e [CS_{jk}]]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-18)

其中, 式 (3-17) 和式 (3-18) 的各个右边可以在各传输系统中通过测定和计算来求, 其结果被存储到存储器 21 中。

20 因此, 如果式 (3-17) 和式 (3-18) 的各个右边的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各自的式如下述的式 (3-19) 和式 (3-20) 所示。

$$Y_{jk} = \phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-19)

$$25 \quad X_{jk} = \log_e [A_{jk}] + \log_e [ATX_j] + \log_e [ARX_k]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中 $j \neq k$

... (3-20)

在这样求出的相位信息中, 如果在 $Y_{jk} - Y_{kj} = Z_{jk}$ 中代入式 (3-19), 则得到下述的联立一次方程式 (3-21), 此外, 在得到的振幅信息中,

30 如果在 $X_{jk} - X_{kj} = V_{jk}$ 中代入式 (3-20), 则得到下述的联立一次方程式 (3-22)。

$$Z_{jk} = Y_{jk} - Y_{kj} = \Delta\phi_k - \Delta\phi_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (3-21)$$

$$V_{jk} = X_{jk} - X_{kj} = \Delta A_k - \Delta A_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (3-22)$$

5 以后的处理与图 19 说明的有关处理相同, 如果传输系统的数目 n 在 3 以上, 则通过用存储器 21 中存储的 Y_{jk} 、 X_{jk} 来解上述的联立一次方程式 (3-21) 和式 (3-22), 在所有的传输系统中, 可以计算通过发送电路和接收电路的信号之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差。

10 然后, 通过将这样估计的各传输系统的接收信号和发送信号之间的相位差信息提供给该传输系统的移相器, 将各传输系统的振幅变动量信息提供给该传输系统的衰减器, 可以对各传输系统进行接收信号和发送信号之间的传输特性的校准。

再有, 实施例 16 的 Y_{jk} 、 X_{jk} 的计算例程序与图 54 所示的实施例 15 的计算例程序相同, 所以省略其图示和说明。

15 除了该计算例程序以外的其它处理与图 31 的实施例 3 的流程图相同, 所以省略其说明。

如以上, 根据本发明的实施例 16, 通过对各传输系统设置相关电路来进行接收信号 $RX_{jk}(t)$ 和已知信号 $S_j(t)$ 的相关处理, 使噪声分量 $N_{jk}(t)$ 和干扰信号 $I_{jk}(t)$ 消失。因此, 在接收信号的 S/N 比差的情况下、或接收信号中混入干扰信号的情况下、或同时出现这两种情况下, 可以抑制因噪声分量、或干扰信号、或它们两者的影响造成的估计误差, 可以良好地估计各传输系统的相位差和振幅变动量信息。

[同时发送信号的方式]

25 实施例 17

再有, 在图 55 的实施例 16 中, 从第 1 号至第 n 号依次切换传输信号的发送系统, 每次都测定用除了正在发送的传输系统以外的从第 1 号至第 n 号的所有传输系统接收的信号, 进行上述的处理。

30 但是, 如以下说明, 在本实施例 17 中, 在图 55 所示的结构中, 通过从所有传输系统同时发送信号, 并且用所有传输系统同时接收信号, 从而缩短校准所需的时间。

首先, 在校准时, 在图 55 所示的结构中, 将所有传输系统的移

相器 PS_j 的相位旋转量 θ_j 设定为 0, 将衰减器 ATT_j 的振幅变动量 A_j 设定为 1 (=0dB)。然后, 从存储器 21 中读出与所有的传输系统对应的已知的信号 $S_j(t)$, 通过所有的天线振子 ANT_j 来同时发送。

从各传输系统发送的信号由除了该传输系统以外的其它所有传输系统的天线振子 ANT_k ($k=1, 2, \dots, n$, 其中 $j \neq k$) 来接收。

因此, 用第 k 号传输系统的接收信号测定装置 SM_k 从其它所有传输系统同时接收测定的信号 $RX_k(t)$ 用下述的式 (4-1) 表示。

$$\begin{aligned}
 RX_k(t) = & A_{1k}ATX_1ARX_k \exp\{i(\phi_{1k} + \Delta\phi TX_1 + \Delta\phi RX_k)\} S_1(t) \\
 & A_{2k}ATX_2ARX_k \exp\{i(\phi_{2k} + \Delta\phi TX_2 + \Delta\phi RX_k)\} S_2(t) \\
 & + \dots \\
 & + A_{jk}ATX_jARX_k \exp\{i(\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k)\} S_j(t) \\
 & + \dots \\
 & + A_{k-1k}ATX_{k-1}ARX_k \exp\{i(\phi_{k-1k} + \Delta\phi TX_{k-1} + \Delta\phi RX_k)\} S_{k-1}(t) \\
 & + A_{k+1k}ATX_{k+1}ARX_k \exp\{i(\phi_{k+1k} + \Delta\phi TX_{k+1} + \Delta\phi RX_k)\} S_{k+1}(t) \\
 & + \dots \\
 & + A_{nk}ATX_nARX_k \exp\{i(\phi_{nk} + \Delta\phi TX_n + \Delta\phi RX_k)\} S_n(t) + n_k(t) \\
 & (k=1, 2, \dots, n) \quad \dots (4-1)
 \end{aligned}$$

接着, 计算接收信号 $RX_k(t)$ 和已知信号 $S_j(t)$ 的相互相关值 CS_{jk} 。该相互相关值如下面的式 (4-2) 所示。

其中, $S_j(t)$ ($j=1, 2, \dots, n$) 是完全彼此不同的信号序列, 其相互相关值满足下面的式 (4-3)。

$$CS_{jk} = \langle RX_k(t) \cdot S_j(t) \rangle \quad \dots (4-2)$$

$$\langle S_j(t) \cdot S_k(t) \rangle \approx 0$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中 } k \neq j \quad \dots (4-3)$$

此外, 如上述实施例 15 的式 (3-6) 所示, 发送信号和噪声之间的相互相关值是 0, 如式 (3-4) 所示, 发送信号的自相关值是 1。

因此, 如果计算式 (4-1) 的 $RX_k(t)$ 和 $S_j(t)$ 的相互相关值, 则式 (4-2) 如下述的式 (4-4) 所示, 如果对所有的已知发送信号 $S_j(t)$ ($j=1, 2, \dots, n$, 其中 $k \neq j$) 和所有的接收信号 $RX_k(t)$ ($k=1, 2, \dots, n$) 进行该 $RX_k(t)$ 和 $S_j(t)$ 的相互相关处理, 则所得的相互相关值变为用实施例 17 的式 (3-15) 表示的值。

$$CS_k = \langle RX_k(t) \cdot S_j(t) \rangle = A_{jk} ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) \} \quad \dots (4-4)$$

计算该式(3-15)的自然对数后,如上述实施例16的式(3-16)所示,如果着眼于其虚数部,则导出上述的式(3-19),而如果着眼于实数部,则导出式(3-20)。以后的处理与实施例16的处理相同,所以省略说明。

下面,图56是说明上述实施例17的操作的前半部分的流程图,图57表示与图56的流程图的步骤S3-2对应的实施例17的计算例行程序的流程图。

图56的流程图,在步骤S3-1中,从所有传输系统同时发送已知信号 $S_j(t)$,在步骤S3-2中,在用所有的传输系统同时进行接收信号的测定方面,与前面的任何一个实施例都有所不同。

在图57的流程图中,在每个发送信号 $S_j(t)$ 中假设临时变量T_{mp}为0,进行 $RX_k(t) \cdot S_j(t)$ 的累计直到到达时间T。然后,将该累计结果除以T,计算时间平均T_{mp}/T,计算它的自然对数,抽出虚数部 Y_{jk} 、实数部 X_{jk} 。

通过对所有的发送信号 $S_j(t)$ 进行该运算,进行来自所有传输系统的发送信号 $S_j(t)$ 和由所有传输系统接收的信号 $RX_k(t)$ 的相互相关处理。

由于以后的处理与图21的流程图相同,所以省略说明。

再有,通过与图56的实施例17相同的步骤S3-1和S3-2,进行来自所有传输系统的发送信号 $S_j(t)$ 和由所有传输系统接收的信号 $RX_k(t)$ 的相互相关处理,通过直接解所得的 Y_{jk} 的联立一次方程式(3-19)和 Y_{jk} 的联立一次方程式(3-20),也可以求各传输系统的接收电路的相位旋转量和振幅变动量。

如以上,在本实施例17中,由于在校准时进行已知信号 $S_j(t)$ 的同时发送接收,所以与将发送的传输系统依次切换的前面的各实施例相比,可以缩短校准所需的时间。

[相位、振幅偏移方式]

30 实施例18

再有,在图19所示的本发明第2基本结构的自适应阵列无线基站中,最终通过解上述的联立一次方程式(1-30)和(1-32),从而

求通过所有的传输系统的接收电路和发送电路的信号的相位旋转量之差 $\Delta\phi_j$ 和振幅变动量之差 ΔA_j 。

其中，在所有的传输系统中，在发送接收电路的相位旋转量之差 $\Delta\phi_j$ ($j=1, 2, \dots, n$) 是相同值的情况下，下述的式 (5-1) 成立，
而在所有的传输系统中，在发送接收电路的振幅变动量之差 ΔA_j ($j=1, 2, \dots, n$) 是相同值的情况下，下述的式 (5-2) 成立。

$$\Delta\phi_1 = \Delta\phi_2 = \dots = \Delta\phi_n \quad \dots (5-1)$$

$$\Delta A_1 = \Delta A_2 = \dots = \Delta A_n \quad \dots (5-2)$$

在这些情况下，在各发送电路和接收电路中，即使在实际中产生相位旋转量之差或振幅变动量之差，根据上述的式 (1-30) 和式 (1-32) 导出的联立方程式完全成为级联关系，解变得不定。因此，产生不能估计正确的相位旋转量之差和振幅变动量之差的情况。

以下说明的实施例 18 对这些方面进行了改善，在进行校准之前，通过将各传输系统的移相器的相位旋转量、或衰减器的振幅变动量、或它们两者分别预先设定为某个值，避免发送接收电路之间的相位旋转量之差和/或振幅变动量之差在传输系统之间为大致相同的值，使各传输系统的相位旋转量之差和振幅变动量之差的估计精度提高。

根据本发明的实施例 18，在图 19 所示的本发明的第 2 基本结构的自适应阵列无线基站中，在校准时，预先将第 j 号传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量设置为 θ_j ，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量设置为 A_j 。但是，在传输系统之间，设定各个移相器的相位旋转量，使得 $\theta_j \neq \theta_k$ ，然后设定各个衰减器的振幅变动量，使得 $A_j \neq A_k$ 。

从存储器 21 中读出与该第 j 号传输系统对应的已知信号 $S_j(t)$ ，通过发送电路输出。然后，发送的信号由除了第 j 号传输系统以外的其它所有传输系统的各个接收电路来接收，用接收信号测定装置 SM_k 来接收接收信号 $RX_{jk}(t)$ 。将发送信号的传输系统从第 1 号至第 n 号依次进行切换，由每次除了进行发送的传输系统以外的所有传输系统接收的测定信号 $RX_{jk}(t)$ 用下述的式 (5-3) 表示。

$$RX_{jk}(t) = A_{jk} A_j ATX_j ARX_k \exp \{ i (\phi_{jk} + \theta_j + \Delta\phi_{TX_j} + \Delta\phi_{RX_k}) S_j(t) + n_{jk}(t) \}$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

其中， $j \neq k$

$\dots (5-3)$

接着, 将上述的式 (5-3) 的两边除以发送时的已知信号 $S_j(t)$, 而且计算两边的自然对数并进行泰勒展开, 如果 S/N 比充分好, 则得到下述的式 (5-4)。然后, 如果着眼于该式 (5-4) 的虚数部, 则导出下述的式 (5-5), 而如果着眼于实数部, 则导出下述的式 (5-6)。

$$\begin{aligned} 5 \quad & \log_e [A_{jk} A_j ATX_j ARX_k] \\ & + i(\phi_{jk} + \theta_j + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k) = \log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)] \quad \dots (5-4) \end{aligned}$$

$$\phi_{jk} + \theta_j + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k = \text{Im}[\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]],$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (5-5)$$

$$10 \quad \log_e [A_{jk} A_j ATX_j ARX_k] = \text{Re}[\log_e [RX_{jk}(t) / S_j(t)]],$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (5-6)$$

其中, 可以通过计算来求式 (5-5) 和式 (5-6) 的各自右边的值。因此, 如果假设通过式 (5-5) 和式 (5-6) 的各自右边的计算而求出的值为 Y_{jk} 、 X_{jk} , 则各自的式由下述的式 (5-7) 和式 (5-8) 来表示。

$$Y_{jk} = \phi_{jk} + \theta_j + \Delta\phi TX_j + \Delta\phi RX_k$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (5-7)$$

$$20 \quad X_{jk} = \log_e [A_{jk}] + \log_e [A_j] + \log_e [ATX_j] + \log_e [ARX_k]$$

$$(j=1, 2, \dots, n), (k=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中, } j \neq k \quad \dots (5-8)$$

其中, 考虑上述预先设定的初始偏移值, 将各传输系统的发送接收电路之间的相位旋转量之差 $\Delta\phi_j$ 和振幅变动量之差 ΔA_j 如下述的式

25 (5-10) 和式 (5-11) 那样定义。

$$\Delta\phi_j = \Delta\phi RX_j - \{\Delta\phi TX_j + \theta_j\}, (j=1, 2, \dots, n) \quad \dots (5-10)$$

$$\Delta A_j = \log_e [ARX_j] - \{\log_e [ATX_j] + \log_e [A_j]\},$$

$$(j=1, 2, \dots, n)$$

$$\dots (5-11)$$

接着, 如果在 $Y_{jk} - Y_{kj} = Z_{jk}$ 中代入式 (5-7), 则得到下述的式 (5-12), 而如果在 $X_{jk} - X_{kj} = V_{jk}$ 中代入式 (5-8), 则得到下述的式 (5-13)。

30 12), 而如果在 $X_{jk} - X_{kj} = V_{jk}$ 中代入式 (5-8), 则得到下述的式 (5-13)。

$$Z_{jk} = Y_{jk} - Y_{kj} = \Delta\phi_k - \Delta\phi_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (5-12)$$

$$V_{jk} = X_{jk} - X_{kj} = \Delta A_k - \Delta A_j$$

$$(j=1, 2, \dots, n-1), (k=j+1, j+2, \dots, n) \quad \dots (5-13)$$

5 以后的操作与参照图 19 说明的本发明的第 2 基本结构的操作相同，如果解这些联立一次方程式 (5-12) 和式 (5-13)，则可以算出各传输系统的发送接收电路之间的相位旋转量之差和振幅变动量之差。

10 接着，图 58 和图 59 是用微计算机以软件来实现上述的实施例 18 的操作时的流程图。图 58 和图 59 所示的流程图除了以下方面以外与图 20 和图 21 所示的本发明的第 2 基本结构的操作相同。

即，在步骤 S2-2h 中，将该传输系统的移相器 PS_j 的相位旋转量不设定为 0 而设定为已知的值 θ_j ，将衰减器 ATT_j 的振幅变动量不设定为 1 而设定为已知的值 A_j 。

15 然后，在最后的步骤 S2-18h 中，在设定用于校准的各传输系统的移相器的相位旋转量和衰减器的振幅变动量时，分别考虑上述已知的值 θ_j 和 A_j 。

其它操作引用有关图 20 和图 21 的流程图的说明，这里省略其说明。

20 接着，图 60 和图 61 表示上述图 58 和图 59 所示的实施例 18 的变形例的流程图。在该变形例中，与上述实施例 18 一样，首先，将各传输系统的移相器的相位旋转量设定为 θ_j ，衰减器的振幅变动量设定为 A_j 后，发送已知的信号 $S_j(t)$ ，然后通过与实施例 18 完全相同的运算处理来算出 Z_{jk} 和 V_{jk} 。

25 但是，在该图 61 的流程图中，判定算出的 Z_{jk} 、 V_{jk} 的绝对值是否充分大。即，在步骤 S2-19 中，将算出的 Z_{jk} 的绝对值与作为 Z 的最小值的 MZ 进行比较，如果 $|Z_{jk}|$ 比 MZ 小，则在步骤 S2-20 中将 MZ 用此时的 $|Z_{jk}|$ 来置换。同样，在步骤 S2-21 中，将算出的 V_{jk} 的绝对值与作为 V 的最小值的 MV 进行比较，如果 $|V_{jk}|$ 比 MV 小，则在步骤 S2-20 中将 MV 用此时的 $|V_{jk}|$ 来置换。

30 接着，在步骤 S2-23 中，如果判定最终获得的 MZ 、 MV 分别比规定的基准值 CZ 、 CV 小，则认为移相器的相位旋转量和衰减器的振幅变动量的初始设定值 θ_j 、 A_j 不充分，在步骤 S2-24 中，在将相位旋转

量 θ_j 和振幅变动量 A_j 分别变更为适当的值后,再次进行 Z_{jk} 、 V_{jk} 的计算。其结果,如果判定得到的MZ、MV分别比CZ、CV大,则以后进行与图58的实施例18相同的处理。

[方程式选择方式]

5 实施例 19

在至此说明的任何一个实施例中,最终通过解与相位旋转量有关的联立一次方程式和与振幅变动量有关的联立一次方程式,来计算相位旋转量、振幅变动量、相位旋转量差和振幅变动量差。

10 但是,在任何一个实施例中,在天线振子数为3个的情况下,未知的变量数和构成各联立一次方程式的独立方程式的数相等都为3个。因此,在该情况下,所有3个方程式在解联立一次方程式中都被使用。但是,如果天线振子数达到4个以上,则独立方程式的数会超过未知的变量数。

15 在本发明的实施例19中,在天线振子数为4个以上的情况下,在根据测定的接收信号和发送的信号计算的构成联立一次方程式的所有独立方程式中,仅选择所需个数以更高精度导出的方程式、即仅选择与未知的变量个数相同的数,就可解联立一次方程式。

在本发明的实施例19中,该方程式的选择从测定或计算所得的值 $|X_{jk}|$ 、 $|Y_{jk}|$ 、 $|V_{jk}|$ 、或 $|Z_{jk}|$ 达到大值的方程式中按顺序来选择。

20 图62是说明本实施例19的操作流程图,除了以下方面之外,与图21所示的本发明的第2基本结构的后半部分的操作相同。即,在步骤S2-25中,计算所有的 Z_{jk} 的绝对值,按值的大小顺序来排序,并且在步骤S2-26中,计算所有的 V_{jk} 的绝对值,按值的大小顺序来排序。然后,按照 $|Z_{jk}|$ 的值的大小顺序,选择与未知的变量个数相当
25 的 n 个方程式,构成与相位旋转量差有关的联立一次方程式并计算解,此外,按照 $|V_{jk}|$ 的值的大小顺序,选择 n 个方程式,构成与振幅变动量差有关的联立一次方程式并计算解。其它的操作引用与图20和图21的流程图有关的说明,这里省略说明。

30 如以上那样,在本实施例19中,选择以高精度导出的方程式来构成联立一次方程式,所以可以获得与相位旋转量和振幅变动量有关的高精度估计结果。

[剩余方程式的利用方式]

实施例 20

如上所述，在天线振子数在 4 个以上的情况下，在构成各联立一次方程式的多个独立方程式内，产生为了获得解而未使用的方程式。在本发明的实施例 20 中，将为了得到这样的解而被使用的方程式以外的方程式用作与相位旋转量和振幅变动量有关的信息的估计结果的验证。例如，在天线振子数为 4 个时，求发送接收电路的相位旋转量情况的联立方程式由下述的独立方程式 (6-1) ~ (6-6) 构成。

$$Z_{12} = \Delta\phi_2 - \Delta\phi_1 \quad \dots (6-1)$$

$$Z_{13} = \Delta\phi_3 - \Delta\phi_1 \quad \dots (6-2)$$

$$10 \quad Z_{14} = \Delta\phi_4 - \Delta\phi_1 \quad \dots (6-3)$$

$$Z_{23} = \Delta\phi_3 - \Delta\phi_2 \quad \dots (6-4)$$

$$Z_{24} = \Delta\phi_4 - \Delta\phi_2 \quad \dots (6-5)$$

$$Z_{34} = \Delta\phi_4 - \Delta\phi_3 \quad \dots (6-6)$$

其中，例如上述 6 个独立的方程式内，假设用式 (6-1)、(6-2)、(6-5)、(6-6) 来计算四个未知的变量 $\Delta\phi_1 \sim \Delta\phi_4$ ，并假设实际计算的值为 $\text{tmp}\Delta\phi_j$ ($j=1, 2, 3, 4$)。在本实施例 20 中，将这些值 $\text{tmp}\Delta\phi_j$ 导入计算解时未使用的式 (6-3)、(6-4)，计算误差 e_1 、($1=1, 2, \dots$)。采用该情况下未使用的 2 个方程式来计算 2 个误差 e_1 、 e_2 ，如下述的式 (6-7) 和式 (6-8)。

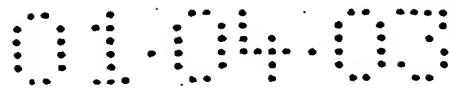
$$20 \quad e_1 = Z_{14} - (\text{tmp}\Delta\phi_4 - \text{tmp}\Delta\phi_1) \quad \dots (6-7)$$

$$e_2 = Z_{23} - (\text{tmp}\Delta\phi_3 - \text{tmp}\Delta\phi_2) \quad \dots (6-8)$$

然后，如果这些误差 e_1 、 e_2 分别比规定的基准值小，则认为上述的估计结果 $\text{tmp}\Delta\phi_j$ ($j=1, 2, 3, 4$) 是正确的，并进行输出。另一方面，如果这些误差 e_1 、 e_2 分别比规定的基准值大，则认为用上述 4 个公式估计的结果是不正确的，重新进行测定等，继续进行估计处理，直至误差 e_1 、 e_2 比规定的基准值小。

图 63 和图 64 表示本实施例 20 的操作流程图，除了以下方面之外与图 62 所示的本发明的实施例 19 的操作相同。

就是说，在步骤 S2-28 中，求分别解与相位差信息有关的 n 个独立方程式组成的联立一次方程式和与振幅变动量差信息有关的 n 个独立方程式组成的联立一次方程式的解，在步骤 S2-29 中，将计算的解代入在该解的计算中未使用过的方程式，分别计算 Z_{jk} 和 V_{jk} 的最大值



Z_{max} 、 V_{max} 。然后，在步骤 S2-30 中，判断计算的最大值是否分别在规定的基准值 CZ、CV 以下，反复进行以上的测定和运算，直至判断为在规定的基准值以上。

其它操作与上述实施例 19 的操作相同。

5 [参照表校正方式]

实施例 21

在至此说明的任何一个实施例中，将估计的有关相位旋转量的信息和有关振幅变动量的信息传送到作为各传输系统的相位旋转装置的移相器和作为振幅变动装置的衰减器上，在各传输系统的发送接收
10 电路之间进行补偿，使得相位旋转量差和振幅变动量差达到 0。

但是，在各传输系统的发送电路或接收电路包括有非线性特性的电路要素（例如，放大器）的情况下，因输入到发送电路的信号功率或输入到接收电路的信号功率而使相位特性和振幅特性变化，不能进行上述补偿。

15 本发明的实施例 21 即使在如上述因输入到发送电路的信号功率或输入到接收电路的信号功率而使相位特性和振幅特性变化的情况下，也可以用通过估计操作一次获得的校准结果和预先存储在存储器中的校正数据，将移相器和衰减器中设定的相位旋转量和振幅变动量校正到适当的值。

20 图 65 表示本实施例 21 的具体电路结构的方框图。在图 65 的实施例中，用于补偿相位旋转量的算出的校准信息为 $\Delta\phi_1$ 、 $\Delta\phi_2$ 、 \dots 、 $\Delta\phi_n$ ，用于补偿振幅变动量的算出的校准信息为 ΔA_1 、 ΔA_2 、 \dots 、 ΔA_n 。

这里，将估计这些校准信息时的发送信号的比较低的功率设为 PC_{TX} ，将接收信号的功率设为 PC_{RX} 。另一方面，设当前的发送信号的
25 功率为 P_{TX} ，接收信号的功率为 P_{RX} ，这里，将相位旋转量信息和振幅变动量信息的校正使用的信息预先存储到存储器内，通过控制装置 22 从存储器 21 中读出与 P_{TX} 和 PC_{TX} 对应的发送系统的校正信息，或与 P_{RX} 或 PC_{RX} 对应的接收系统的校正信息，附加在上述算出的各个校准值上后，提供给作为相位旋转装置的移相器和作为振幅变动装置的衰减器。由此，即使在发送电路或接收电路
30 中包括非线性电路要素的情况下，也可以经常进行与相位旋转量差信息和振幅变动量差信息有关的最佳校准，而与接收信号功率或发送信号功率无关。



再有，为了减少存储器存储的校正信息量，也可以按适当的间隔将跳跃的校正信息存储到存储器中，在使用校正信息时通过内插来求最佳的校正值。

[振幅的校准方式]

5 实施例 22

在至此说明的任何一个实施例中，在各传输系统中估计接收电路和发送电路之间的振幅变动量之差。但是，与相位旋转量的情况不同，在振幅变动量的情况下，在发送电路和接收电路之间存在特性差本身并不是大问题，而接收发送电路之间的相位旋转量差在各个传输系统中不同则是大问题。因此，关于振幅信息的校准，如上述各实施
10 例那样，除了控制各传输系统的振幅变动装置的衰减器的振幅变动量，使得各传输系统的接收电路和发送电路之间的振幅变动量为 0 的方法以外，也可以控制各传输系统的振幅变动装置的衰减器的振幅变动量，使得各个传输系统的发送接收电路之间的振幅变动量差为相同的
15 的某个值。

[第 3 基本结构概要]

图 66 表示本发明的自适应阵列无线基站的第 3 基本结构概要的示意方框图。图 66 的第 3 基本结构与前面说明的第 1 和第 2 基本结构一样，在自适应阵列无线基站中，仅示出与本发明有关的相位旋转
20 量和振幅变动量的估计及与它们的校准有关的部分。

在图 66 所示的自适应阵列无线基站中，由 4 个信号传输系统组成，其特征在于，各个信号传输系统的天线振子（合计为 4 个）被分别正确地配置在正方形的顶点上。

更具体地说，图 66 所示的自适应阵列无线基站包括：由图中未
25 示出的存储器和控制装置组成的信号处理电路 20；构成正方形的阵列天线的天线振子 ANT1、ANT2、TAN3 和 ANT4；与各个天线振子对应设置的天线共用器 SW1、SW2、SW3 和 SW4；以及与各个天线振子对应并设置在天线共用器和信号处理电路 20 之间的发送电路 TX1、TX2、TX3、TX4 和接收电路 RX1、RX2、RX3、RX4。

30 与上述第 1 和第 2 基本结构一样，图 66 的信号处理电路 20 在校准时从各个天线振子发送已知信号，实测来自其它天线振子的接收信号，用实测值进行规定的运算，算出后述的接收响应矢量和发送矢

量, 具有根据该算出结果进行相位旋转量和振幅变动量的校准的数字信号处理功能。

再有, 将各发送电路 TX1、TX2、TX3、TX4 总称为在从信号处理电路 20 至对应的天线共用器 SW 的路径上存在的电路, 将各接收电路 RX1、RX2、RX3、RX4 总称为在从对应的天线共用器 SW 至信号处理电路 20 的路径上存在的电路。

[第 3 基本结构的实施例]

实施例 23

在图 66 中, θ_{TX1} 、 θ_{TX2} 、 θ_{TX3} 、 θ_{TX4} 分别表示在各传输系统中从信号处理电路 20 输出的信号通过对应的发送电路 TX 和天线共用器 SW 到达对应的天线振子 ANT 的相位旋转量, θ_{RX1} 、 θ_{RX2} 、 θ_{RX3} 、 θ_{RX4} 分别表示在各传输系统中由对应的天线振子 ANT 接收的信号通过对应的天线共用器 SW 和接收电路 RX 到达信号处理电路 20 的相位旋转量。

而且, 在图 66 中, θ_{12} 表示天线振子 ANT1、ANT2 之间的信号的相位旋转量, θ_{13} 表示天线振子 ANT1、ANT3 之间的信号的相位旋转量, θ_{14} 表示天线振子 ANT1、ANT4 之间的信号的相位旋转量, θ_{23} 表示天线振子 ANT2、ANT3 之间的信号的相位旋转量, θ_{24} 表示天线振子 ANT2、ANT4 之间的信号的相位旋转量, θ_{34} 表示天线振子 ANT3、ANT4 之间的信号的相位旋转量。

本发明的第 3 基本结构的实施例 23 在图 66 的结构中求接收响应矢量和发送响应矢量, 以该相位数据之差作为校正值来求。

(1) 接收响应矢量的测定方法

首先, 说明接收矢量的测定方法。

① 在图 66 的结构中, 由信号处理电路 20 将初始相位 θ_{IT1} 固定为 0 的信号通过发送电路 TX1、天线共用器 SW1 从天线振子 ANT1 发送, 用其它天线振子 ANT2、ANT3、ANT4 来接收。

其中, 通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 θ_{R21} 由下面的式 (7-1) 来表示。

$$\theta_{R21} = \theta_{TX1} + \theta_{12} + \theta_{RX2} \quad \dots (7-1)$$

同样, 通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 θ_{R31} 由下面的

式 (7-2) 来表示。

$$\theta R31 = \theta TX1 + \theta 13 + \theta RX3 \quad \dots (7-2)$$

同样, 通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 $\theta R41$ 由下面的式 (7-3) 来表示。

$$\theta R41 = \theta TX1 + \theta 14 + \theta RX4 \quad \dots (7-3)$$

其中, 如果从式 (7-1) 中减去式 (7-2), 则

$$\theta R21 - \theta R31 = \theta RX2 - \theta RX3 + (\theta 12 - \theta 13)$$

$$(\theta RX2 - \theta RX3) = (\theta R21 - \theta R31) - (\theta 12 - \theta 13) \quad \dots (7-4)$$

同样, 如果从式 (7-2) 中减去式 (7-3), 则

$$\theta R31 - \theta R41 = \theta RX3 - \theta RX4 + (\theta 13 - \theta 14)$$

$$(\theta RX3 - \theta RX4) = (\theta R31 - \theta R41) - (\theta 13 - \theta 14) \quad \dots (7-5)$$

同样, 如果从式 (7-3) 减去式 (7-1), 则

$$\theta R41 - \theta R21 = \theta RX4 - \theta RX2 + (\theta 14 - \theta 12)$$

$$(\theta RX4 - \theta RX2) = (\theta R41 - \theta R21) - (\theta 14 - \theta 12) \quad \dots (7-6)$$

②在图 66 的结构中, 由信号处理电路 20 将初始相位 $\theta IT2$ 固定为 0 的信号通过发送电路 TX2、天线共用器 SW2 从天线振子 ANT2 发送, 用其它天线振子 ANT1、ANT3、ANT4 来接收。

其中, 通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 $\theta R12$ 由下面的式 (7-7) 来表示。

$$\theta R12 = \theta TX2 + \theta 12 + \theta RX1 \quad \dots (7-7)$$

同样, 通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 $\theta R32$ 由下面的式 (7-8) 来表示。

$$\theta R32 = \theta TX2 + \theta 23 + \theta RX3 \quad \dots (7-8)$$

同样, 通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 $\theta R42$ 由下面的式 (7-9) 来表示。

$$\theta R42 = \theta TX2 + \theta 24 + \theta RX4 \quad \dots (7-9)$$

其中, 如果从式 (7-7) 中减去式 (7-8), 则

$$\theta R12 - \theta R32 = \theta RX1 - \theta RX3 + (\theta 12 - \theta 23)$$

$$(\theta_{RX1}-\theta_{RX3}) = (\theta_{R12}-\theta_{R32}) - (\theta_{12}-\theta_{23}) \quad \dots (7-10)$$

同样, 如果从式 (7-8) 中减去式 (7-9), 则

$$\theta_{R32}-\theta_{R42}=\theta_{RX3}-\theta_{RX4}+(\theta_{23}-\theta_{24})$$

$$(\theta_{RX3}-\theta_{RX4}) = (\theta_{R32}-\theta_{R42}) - (\theta_{23}-\theta_{24}) \quad \dots (7-11)$$

5 同样, 如果从式 (7-9) 中减去式 (7-7), 则

$$\theta_{R42}-\theta_{R12}=\theta_{RX4}-\theta_{RX1}+(\theta_{24}-\theta_{12})$$

$$(\theta_{RX4}-\theta_{RX1}) = (\theta_{R42}-\theta_{R12}) - (\theta_{24}-\theta_{12}) \quad \dots (7-12)$$

③在图 66 的结构中, 由信号处理电路 20 将初始相位 θ_{IT3} 固定为 0 的信号通过发送电路 TX3、天线共用器 SW3 从天线振子 ANT3 发送, 10 用其它天线振子 ANT1、ANT2、ANT4 来接收。

其中, 通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 θ_{R13} 由下面的式 (7-13) 来表示。

$$\theta_{R13}=\theta_{TX3}+\theta_{13}+\theta_{RX1} \quad \dots (7-13)$$

15 同样, 通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 θ_{R23} 由下面的式 (7-14) 来表示。

$$\theta_{R23}=\theta_{TX3}+\theta_{23}+\theta_{RX2} \quad \dots (7-14)$$

20 同样, 通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的相位旋转量 θ_{R43} 由下面的式 (7-15) 来表示。

$$\theta_{R43}=\theta_{TX3}+\theta_{34}+\theta_{RX4} \quad \dots (7-15)$$

其中, 如果从式 (7-13) 中减去式 (7-14), 则

$$\theta_{R13}-\theta_{R23}=\theta_{RX1}-\theta_{RX2}+(\theta_{13}-\theta_{23})$$

$$25 \quad (\theta_{RX1}-\theta_{RX2}) = (\theta_{R13}-\theta_{R23}) - (\theta_{13}-\theta_{23}) \quad \dots (7-16)$$

同样, 如果从式 (7-14) 中减去式 (7-15), 则

$$\theta_{R23}-\theta_{R43}=\theta_{RX2}-\theta_{RX4}+(\theta_{23}-\theta_{34})$$

$$(\theta_{RX2}-\theta_{RX4}) = (\theta_{R23}-\theta_{R43}) - (\theta_{23}-\theta_{34}) \quad \dots (7-17)$$

同样, 如果从式 (7-15) 中减去式 (7-13), 则

$$30 \quad \theta_{R43}-\theta_{R13}=\theta_{RX4}-\theta_{RX1}+(\theta_{34}-\theta_{13})$$

$$(\theta_{RX4}-\theta_{RX1}) = (\theta_{R43}-\theta_{R13}) - (\theta_{34}-\theta_{13}) \quad \dots (7-18)$$

④在图 66 的结构中, 由信号处理电路 20 将初始相位 θ_{IT4} 固定为

0 的信号通过发送电路 TX4、天线共用器 SW4 从天线振子 ANT4 发送，用其它天线振子 ANT1、ANT2、ANT3 来接收。

其中，通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的相位旋转量 θ_{R14} 由下面的式 (7-19) 来表示。

$$\theta_{R14} = \theta_{TX4} + \theta_{14} + \theta_{RX1} \quad \dots (7-19)$$

同样，通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的相位旋转量 θ_{R24} 由下面的式 (7-20) 来表示。

$$\theta_{R24} = \theta_{TX4} + \theta_{24} + \theta_{RX2} \quad \dots (7-20)$$

同样，通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的相位旋转量 θ_{R34} 由下面的式 (7-21) 来表示。

$$\theta_{R34} = \theta_{TX4} + \theta_{34} + \theta_{RX3} \quad \dots (7-21)$$

其中，如果从式 (7-19) 中减去式 (7-20)，则

$$\theta_{R14} - \theta_{R24} = \theta_{RX1} - \theta_{RX2} + (\theta_{14} - \theta_{24})$$

$$(\theta_{RX1} - \theta_{RX2}) = (\theta_{R14} - \theta_{R24}) - (\theta_{14} - \theta_{24}) \quad \dots (7-22)$$

同样，如果从式 (7-20) 中减去式 (7-21)，则

$$\theta_{R24} - \theta_{R34} = \theta_{RX2} - \theta_{RX3} + (\theta_{24} - \theta_{34})$$

$$(\theta_{RX2} - \theta_{RX3}) = (\theta_{R24} - \theta_{R34}) - (\theta_{24} - \theta_{34}) \quad \dots (7-23)$$

同样，如果从式 (7-21) 中减去式 (7-19)，则

$$\theta_{R34} - \theta_{R14} = \theta_{RX3} - \theta_{RX1} + (\theta_{34} - \theta_{14})$$

$$(\theta_{RX3} - \theta_{RX1}) = (\theta_{R34} - \theta_{R14}) - (\theta_{34} - \theta_{14}) \quad \dots (7-24)$$

⑤ 计算天线振子 ANT1 和 ANT2 的接收信号的相位旋转量之差

($\theta_{RX1} - \theta_{RX2}$):

通过上述的式 (7-16) 和式 (7-22) 来求 ($\theta_{RX1} - \theta_{RX2}$)，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{RX1} - \theta_{RX2}) = [\{(\theta_{R14} - \theta_{R24}) - (\theta_{14} - \theta_{24})\} + \{(\theta_{R13} - \theta_{R23}) - (\theta_{13} - \theta_{23})\}] / 2$$

通过该式，有

$$(\theta_{RX1} - \theta_{RX2}) = [\{(\theta_{R14} - \theta_{R24}) - (\theta_{14} - \theta_{23})\} + \{(\theta_{R13} - \theta_{R23}) - (\theta_{13} - \theta_{24})\}] / 2$$

由于将图 66 的天线振子以构成正方形那样来配置，所以 $\theta_{14}=\theta_{23}$ 、 $\theta_{13}=\theta_{24}$ 成立。因此，上式变为下面的式 (7-25)。

$$(\theta_{RX1}-\theta_{RX2})=[(\theta_{R14}-\theta_{R24})+(\theta_{R13}-\theta_{R23})]/2 \quad \dots (7-25)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出差分 $(\theta_{RX1}-\theta_{RX2})$ 的值。

⑥ 计算天线振子 ANT2 和 ANT3 的接收信号的相位旋转量之差 $(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})$ ：

根据上述的式 (7-4) 和式 (7-23) 来求 $(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})=[\{(\theta_{R21}-\theta_{R31})-(\theta_{12}-\theta_{13})\}+\{(\theta_{R24}-\theta_{R34})-(\theta_{24}-\theta_{34})\}]/2$$

通过该式，有

$$(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})=[\{(\theta_{R21}-\theta_{R31})-(\theta_{12}-\theta_{34})\}+\{(\theta_{R24}-\theta_{R34})-(\theta_{24}-\theta_{13})\}]/2$$

其中，由于 $\theta_{12}=\theta_{34}$ 、 $\theta_{13}=\theta_{24}$ 成立，所以上式变为下面的式 (7-26)

$$(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})=[(\theta_{R21}-\theta_{R31})+(\theta_{R24}-\theta_{R34})]/2 \quad \dots (7-26)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出差分 $(\theta_{RX2}-\theta_{RX3})$ 的值。

⑦ 计算天线振子 ANT3 和 ANT4 的接收信号的相位旋转量之差 $(\theta_{RX3}-\theta_{RX4})$ ：

根据上述的式 (7-5) 和式 (7-11) 来求 $(\theta_{RX3}-\theta_{RX4})$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{RX3}-\theta_{RX4})=[\{(\theta_{R31}-\theta_{R41})-(\theta_{13}-\theta_{14})\}+\{(\theta_{R32}-\theta_{R42})-(\theta_{23}-\theta_{24})\}]/2$$

通过该式，有

$$(\theta_{RX3}-\theta_{RX4})=[\{(\theta_{R31}-\theta_{R41})-(\theta_{13}-\theta_{24})\}+\{(\theta_{R32}-\theta_{R42})-(\theta_{23}-\theta_{14})\}]/2$$

其中，由于 $\theta_{13}=\theta_{24}$ 、 $\theta_{23}=\theta_{14}$ 成立，所以上式变为下面的式 (7-27)

$$(\theta_{RX3}-\theta_{RX4})=[(\theta_{R31}-\theta_{R41})+(\theta_{R32}-\theta_{R42})]/2 \quad \dots (7-27)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出差分 ($\theta_{RX3}-\theta_{RX4}$) 的值。

⑧ 计算天线振子 ANT4 和 ANT1 的接收信号的相位旋转量之差 ($\theta_{RX4}-\theta_{RX1}$)：

5 根据上述的式 (7-12) 和式 (7-18) 来求 ($\theta_{RX4}-\theta_{RX1}$)，但为了进一步提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{RX4}-\theta_{RX1}) = [\{(\theta_{R42}-\theta_{R12}) - (\theta_{24}-\theta_{12})\} + \{(\theta_{R43}-\theta_{R13}) - (\theta_{34}-\theta_{13})\}] / 2$$

通过该式，有

$$10 \quad (\theta_{RX4}-\theta_{RX1}) = [\{(\theta_{R42}-\theta_{R12}) - (\theta_{24}-\theta_{13})\} + \{(\theta_{R43}-\theta_{R13}) - (\theta_{34}-\theta_{12})\}] / 2$$

其中，由于 $\theta_{24}=\theta_{13}$ 、 $\theta_{34}=\theta_{12}$ 成立，所以上式变为下面的式 (7-28)

$$(\theta_{RX4}-\theta_{RX1}) = \{(\theta_{R42}-\theta_{R12}) + (\theta_{R43}-\theta_{R13})\} / 2 \quad \dots (7-28)$$

15 由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出差分 ($\theta_{RX4}-\theta_{RX1}$) 的值。

⑨ 求接收响应矢量：

如果将 4 个传输系统的各个天线振子的接收信号的相位旋转量表示为 $R(1)=\theta_{RX1}$ 、 $R(2)=\theta_{RX2}$ 、 $R(3)=\theta_{RX3}$ 、 $R(4)=\theta_{RX4}$ ，则
20 以 $R(1)$ 、 $R(2)$ 、 $R(3)$ 、 $R(4)$ 为分量的矢量 R 是相位数据的接收响应矢量。

如求上述的式 (7-25) ~ 式 (7-28) 那样，各个相位旋转量的差分通过实测值具体算出 ($\theta_{RX1}-\theta_{RX2}$)、($\theta_{RX2}-\theta_{RX3}$)、($\theta_{RX3}-\theta_{RX4}$)、($\theta_{RX4}-\theta_{RX1}$) 的值，但就知道各个相位旋转量 $R(1)$ 、 $R(2)$ 、 $R(3)$ 、 $R(4)$ 的值来说，信息不充分。
25

因此，通过以某一个传输系统的相位旋转量、例如 $R(1)$ 为基准值 0，从上述的各差分的算出值中可以分别算出其余的传输系统的相位旋转量。即，例如如果 $R(1)=0$ ，则由

$$R(1)-R(2) = (\theta_{RX1}-\theta_{RX2}) \text{ 变为}$$

30 $R(2)=R(1) - (\theta_{RX1}-\theta_{RX2})$ ，根据上述差分的实测值来算出 $R(2)$ 的值。

同样，由 $R(2)-R(3) = (\theta_{RX2}-\theta_{RX3})$ 变为

$R(3) = R(2) - (\theta_{RX2} - \theta_{RX3})$, 根据上述差分的实测值来算出 $R(3)$ 的值。

同样地, 由 $R(3) - R(4) = (\theta_{RX3} - \theta_{RX4})$ 变为

$R(4) = R(3) - (\theta_{RX3} - \theta_{RX4})$, 根据上述差分的实测值来计算 $R(4)$ 的值。

如以上那样, 通过使某一个传输系统的相位旋转量为 0, 来分别求其它传输系统的相位旋转量, 其结果, 可得到相位数据的接收响应矢量。

这里, 对在上述的测定结果中检查是否有错误的几种方法进行说明。

(i) 首先, 有 $R(4) - R(1) = (\theta_{RX4} - \theta_{RX1})$, 但由于 $R(1) = 0$, 所以如果正确地进行测定, 则本应 $R(4) - (\theta_{RX4} - \theta_{RX1})$ 大致为 0。

因此, 设 $rtmp = |R(4) - (\theta_{RX4} - \theta_{RX1})|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为在测定上有错误。

(ii) 接着, 通过取上述的式 (7-10) 和式 (7-24) 的平均, 来求天线振子 ANT1 和 ANT3 的相位旋转量之差 $(\theta_{RX1} - \theta_{RX3})$ 。

$$(\theta_{RX1} - \theta_{RX3}) = \{(\theta_{R12} - \theta_{R32}) - (\theta_{12} - \theta_{23})\} - \{(\theta_{R34} - \theta_{R14}) - (\theta_{34} - \theta_{14})\} / 2$$

其中, 由于 $\theta_{12} = \theta_{23}$ 、 $\theta_{34} = \theta_{14}$ 成立, 所以

$$(\theta_{RX1} - \theta_{RX3}) = \{(\theta_{R12} - \theta_{R32}) - (\theta_{R34} - \theta_{R14})\} / 2$$

由于该式的右边根据实测值来求, 所以可算出 $(\theta_{RX1} - \theta_{RX3})$ 的值。

其中, 有 $R(1) - R(3) = (\theta_{RX1} - \theta_{RX3})$, 但如果将测定正确地进行, 则本应 $\{R(1) - R(3)\} - (\theta_{RX1} - \theta_{RX3})$ 大致为 0。

因此, 设 $rtmp = |\{R(1) - R(3)\} - (\theta_{RX1} - \theta_{RX3})|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为在测定上有错误。

(iii) 接着, 通过取上述的式 (7-17) 和式 (7-6) 的平均, 来求天线振子 ANT2 和 ANT4 的相位旋转量之差 $(\theta_{RX2} - \theta_{RX4})$ 。

$$(\theta_{RX2} - \theta_{RX4}) = [\{(\theta_{R23} - \theta_{R43}) - (\theta_{23} - \theta_{34})\} - \{(\theta_{R41} - \theta_{R21}) - (\theta_{14} - \theta_{12})\}] / 2$$

其中, 由于 $\theta_{23} = \theta_{34}$ 、 $\theta_{14} = \theta_{12}$ 成立, 所以

$$(\theta_{RX2} - \theta_{RX4}) = \{(\theta_{R23} - \theta_{R43}) - (\theta_{R41} - \theta_{R21})\} / 2$$

由于根据实测值来求该式的右边，所以算出 $(\theta_{RX2}-\theta_{RX4})$ 的值。
其中， $R(2)-R(4)=(\theta_{RX2}-\theta_{RX4})$ ，但如果测定正确地进行，
则本应

$\{R(2)-R(4)\}-(\theta_{RX2}-\theta_{RX4})$ 大致为 0。

5 因此，设 $rtmp=|\{R(2)-R(4)\}-(\theta_{RX2}-\theta_{RX4})|$ ，如果 $rtmp$
在误差阈值以上，则判断为测定中有差错。

(2) 发送响应矢量的测定方法

下面说明发送响应矢量的测定方法。

① 计算天线振子 ANT1 和 ANT2 的发送信号的相位旋转量之差
10 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})$ ：

如果从上述的式 (7-2) 中减去式 (7-8)，则

$$\theta_{R31}-\theta_{R32}=\theta_{TX1}-\theta_{TX2}+(\theta_{13}-\theta_{23})$$

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})=(\theta_{R31}-\theta_{R32})-(\theta_{13}-\theta_{23}) \quad \dots (7-29)$$

同样，如果从式 (7-3) 中减去式 (7-9)，则

15 $\theta_{R41}-\theta_{R42}=\theta_{TX1}-\theta_{TX2}+(\theta_{14}-\theta_{24})$

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})=(\theta_{R41}-\theta_{R42})-(\theta_{14}-\theta_{24}) \quad \dots (7-30)$$

通过式 (7-29) 和式 (7-30) 来求 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})$ ，但为了进一步
提高精度，取两式的平均。

20 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})=[\{(\theta_{R31}-\theta_{R32})-(\theta_{13}-\theta_{23})\}+\{(\theta_{R41}-\theta_{R42})$
 $- (\theta_{14}-\theta_{24})\}]/2$

根据该式，有

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})=[\{(\theta_{R31}-\theta_{R32})-(\theta_{13}-\theta_{24})\}+\{(\theta_{R41}-\theta_{R42})$$

 $- (\theta_{14}-\theta_{23})\}]/2$

其中，由于 $\theta_{13}=\theta_{24}$ 、 $\theta_{14}=\theta_{23}$ 成立，所以上式变为下面的式
25 (7-31)。

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})=\{(\theta_{R31}-\theta_{R32})+(\theta_{R41}-\theta_{R42})\}/2 \quad \dots (7-31)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})$ 的
值。

② 计算天线振子 ANT2 和 ANT3 的发送信号的相位旋转量之差
30 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX3})$ ：

如果从上述的式 (7-7) 中减去式 (7-13)，则

$$\theta_{R12}-\theta_{R13}=\theta_{TX2}-\theta_{TX3}+(\theta_{12}-\theta_{13})$$

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX3}) = (\theta_{R12}-\theta_{R13}) - (\theta_{12}-\theta_{13}) \quad \dots (7-32)$$

同样，如果从式 (7-9) 中减去式 (7-15)，则

$$\theta_{R42}-\theta_{R43}=\theta_{TX2}-\theta_{TX3}+(\theta_{24}-\theta_{34})$$

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX3}) = (\theta_{R42}-\theta_{R43}) - (\theta_{24}-\theta_{34}) \quad \dots (7-33)$$

5 通过式 (7-32) 和式 (7-33) 来求 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX3})$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX3}) = [\{(\theta_{R12}-\theta_{R13}) - (\theta_{12}-\theta_{13})\} + \{(\theta_{R42}-\theta_{R43}) - (\theta_{24}-\theta_{34})\}] / 2$$

根据该式，有

$$10 \quad (\theta_{TX2}-\theta_{TX3}) = [\{(\theta_{R12}-\theta_{R13}) - (\theta_{12}-\theta_{34})\} + \{(\theta_{R42}-\theta_{R43}) - (\theta_{24}-\theta_{13})\}] / 2$$

其中，由于 $\theta_{12}=\theta_{34}$ 、 $\theta_{24}=\theta_{13}$ 成立，所以上式变为下面的式 (7-34)。

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX3}) = \{(\theta_{R12}-\theta_{R13}) + (\theta_{R42}-\theta_{R43})\} / 2 \quad \dots (7-34)$$

15 由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX3})$ 的值。

③ 计算天线振子 ANT3 和 ANT4 的发送信号的相位旋转量之差 $(\theta_{TX3}-\theta_{TX4})$ ：

如果从上述的式 (7-13) 中减去式 (7-19)，则

$$20 \quad \theta_{R13}-\theta_{R14}=\theta_{TX3}-\theta_{TX4}+(\theta_{13}-\theta_{14})$$

$$(\theta_{TX3}-\theta_{TX4}) = (\theta_{R13}-\theta_{R14}) - (\theta_{13}-\theta_{14}) \quad \dots (7-35)$$

同样，如果从式 (7-14) 中减去式 (7-20)，则

$$\theta_{R23}-\theta_{R24}=\theta_{TX3}-\theta_{TX4}+(\theta_{23}-\theta_{24})$$

$$(\theta_{TX3}-\theta_{TX4}) = (\theta_{R23}-\theta_{R24}) - (\theta_{23}-\theta_{24}) \quad \dots (7-36)$$

25 通过式 (7-35) 和式 (7-36) 来求 $(\theta_{TX3}-\theta_{TX4})$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(\theta_{TX3}-\theta_{TX4}) = [\{(\theta_{R13}-\theta_{R14}) - (\theta_{13}-\theta_{14})\} + \{(\theta_{R23}-\theta_{R24}) - (\theta_{23}-\theta_{24})\}] / 2$$

根据该式，有

$$30 \quad (\theta_{TX3}-\theta_{TX4}) = [\{(\theta_{R13}-\theta_{R14}) - (\theta_{13}-\theta_{24})\} + \{(\theta_{R23}-\theta_{R24}) - (\theta_{23}-\theta_{14})\}] / 2$$

其中，由于 $\theta_{13}=\theta_{24}$ 、 $\theta_{23}=\theta_{14}$ 成立，所以上式变为下面的式

(7-37)。

$$(\theta_{TX3}-\theta_{TX4})=\{(\theta_{R13}-\theta_{R14})+(\theta_{R23}-\theta_{R24})\}/2 \quad \dots (7-37)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出 $(\theta_{TX3}-\theta_{TX4})$ 的值。

5 ④计算天线振子 ANT4 和 ANT1 的发送信号的相位旋转量之差 $(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})$ ：

如果从上述的式(7-20)中减去式(7-1)，则

$$\theta_{R24}-\theta_{R21}=\theta_{TX4}-\theta_{TX1}+(\theta_{24}-\theta_{12})$$

$$(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})=(\theta_{R24}-\theta_{R21})-(\theta_{24}-\theta_{12}) \quad \dots (7-38)$$

10 同样，如果从式(7-21)中减去式(7-2)，则

$$\theta_{R34}-\theta_{R31}=\theta_{TX4}-\theta_{TX1}+(\theta_{34}-\theta_{13})$$

$$(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})=(\theta_{R34}-\theta_{R31})-(\theta_{34}-\theta_{13}) \quad \dots (7-39)$$

通过式(7-38)和式(7-39)来求 $(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$15 \quad (\theta_{TX4}-\theta_{TX1})=[\{(\theta_{R24}-\theta_{R21})-(\theta_{24}-\theta_{12})\}+\{(\theta_{R34}-\theta_{R31})-(\theta_{34}-\theta_{13})\}]/2$$

根据该式，有

$$(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})=[\{(\theta_{R24}-\theta_{R21})-(\theta_{24}-\theta_{13})\}+\{(\theta_{R34}-\theta_{R31})-(\theta_{34}-\theta_{12})\}]/2$$

20 其中，由于 $\theta_{24}=\theta_{13}$ 、 $\theta_{34}=\theta_{12}$ 成立，所以上式变为下面的式(7-40)。

$$(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})=\{(\theta_{R24}-\theta_{R21})+(\theta_{R34}-\theta_{R31})\}/2 \quad \dots (7-40)$$

由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出 $(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})$ 的值。

25 ⑤求发送响应矢量：

如果四个传输系统的各个天线振子的发送信号的相位旋转量表示为 $T(1)=\theta_{TX1}$ 、 $T(2)=\theta_{TX2}$ 、 $T(3)=\theta_{TX3}$ 、 $T(4)=\theta_{TX4}$ ，则以 $(T(1)$ 、 $T(2)$ 、 $T(3)$ 、 $T(4))$ 为分量的矢量 T 是相位数据的发送响应矢量。

30 如由上述的式(7-31)、(7-34)、(7-37)、(7-40)所求那样，各个相位旋转量的差分根据实测值具体计算 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX2})$ 、 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX3})$ 、 $(\theta_{TX3}-\theta_{TX4})$ 、 $(\theta_{TX4}-\theta_{TX1})$ 的值，但就知道各

个相位旋转量 $T(1)$ 、 $T(2)$ 、 $T(3)$ 、 $T(4)$ 的值来说, 信息不充足。

因此, 通过以某一个传输系统的相位旋转量、例如 $T(1)$ 为基准值 0, 从上述的各差分的算出值中可以分别算出其余的传输系统的相位旋转量。即, 例如如果 $T(1)=0$, 则由

$$T(1) - T(2) = (\theta_{TX1} - \theta_{TX2}) \text{ 变为}$$

$T(2) = T(1) - (\theta_{TX1} - \theta_{TX2})$, 根据上述差分的实测值来算出 $T(2)$ 的值。

同样, 由 $T(2) - T(3) = (\theta_{TX2} - \theta_{TX3})$ 变为

$T(3) = T(2) - (\theta_{TX2} - \theta_{TX3})$, 根据上述差分的实测值来算出 $T(3)$ 的值。

同样地, 由 $T(3) - T(4) = (\theta_{TX3} - \theta_{TX4})$ 变为

$T(4) = T(3) - (\theta_{TX3} - \theta_{TX4})$, 根据上述差分的实测值来计算 $T(4)$ 的值。

如以上那样, 通过使某一个传输系统的相位旋转量为 0, 来分别求其它传输系统的相位旋转量, 其结果, 可得到相位数据的发送响应矢量。

这里, 对在上述的测定结果中检查是否有错误的几种方法进行说明。

(i) 首先, 有 $T(4) - T(1) = (\theta_{TX4} - \theta_{TX1})$, 但由于 $T(1)=0$, 所以如果正确地进行测定, 则本应 $T(4) - (\theta_{TX4} - \theta_{TX1})$ 大致为 0。

因此, 设 $rtmp = |T(4) - (\theta_{TX4} - \theta_{TX1})|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为在测定上有错误。

(ii) 接着, 求天线振子 ANT1 和 ANT3 的相位旋转量之差 $(\theta_{TX1} - \theta_{TX3})$ 。

首先, 如果从式 (7-1) 中减去式 (7-14), 则

$$\theta_{R21} - \theta_{R23} = \theta_{TX1} - \theta_{TX3} + (\theta_{12} - \theta_{23})$$

$$(\theta_{TX1} - \theta_{TX3}) = (\theta_{R21} - \theta_{R23}) - (\theta_{12} - \theta_{23}) \quad \cdots (7-41)$$

同样地, 如果从式 (7-3) 中减去式 (7-15), 则

$$\theta_{R41} - \theta_{R43} = \theta_{TX1} - \theta_{TX3} + (\theta_{14} - \theta_{34})$$

$$(\theta_{TX1} - \theta_{TX3}) = (\theta_{R41} - \theta_{R43}) - (\theta_{14} - \theta_{34}) \quad \cdots (7-42)$$

通过取式 (7-41) 和式 (7-42) 的平均, 有

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})=[\{(\theta_{R21}-\theta_{R23})-(\theta_{12}-\theta_{23})\}+\{(\theta_{R41}-\theta_{R43})-(\theta_{14}-\theta_{34})\}]/2$$

其中，由于 $\theta_{12}=\theta_{23}$ 、 $\theta_{14}=\theta_{34}$ 成立，所以

$$(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})=\{(\theta_{R21}-\theta_{R23})+(\theta_{R41}-\theta_{R43})\}/2$$

5. 由于该式的右边根据实测值来求，所以可算出 $(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})$ 的值。

其中，有 $T(1)-T(3)=(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})$ ，但如果将测定正确地进行，则本应

$\{T(1)-T(3)\}-(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})$ 大致为0。因此，设 $rtmp=|\{T(1)-T(3)\}-(\theta_{TX1}-\theta_{TX3})|$ ，如果 $rtmp$ 在误差阈值以上，则判断为在测定上有错误。

(iii) 接着，求天线振子 ANT2 和 ANT4 的相位旋转量之差 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})$ 。

首先，如果从式(7-7)中减去式(7-19)，则

$$\theta_{R12}-\theta_{R14}=\theta_{TX2}-\theta_{TX4}+(\theta_{12}-\theta_{14})$$

$$15 \quad (\theta_{TX2}-\theta_{TX4})=(\theta_{R12}-\theta_{R14})-(\theta_{12}-\theta_{14}) \quad \dots (7-43)$$

同样，如果从式(7-8)中减去式(7-21)，则

$$\theta_{R32}-\theta_{R34}=\theta_{TX2}-\theta_{TX4}+(\theta_{23}-\theta_{34})$$

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})=(\theta_{R32}-\theta_{R34})-(\theta_{23}-\theta_{34}) \quad \dots (7-44)$$

通过取式(7-43)和式(7-44)平均

$$20 \quad (\theta_{TX2}-\theta_{TX4})=[\{(\theta_{R12}-\theta_{R14})-(\theta_{12}-\theta_{14})\}+\{(\theta_{R32}-\theta_{R34})-(\theta_{23}-\theta_{34})\}]/2$$

其中，由于 $\theta_{12}=\theta_{14}$ 、 $\theta_{23}=\theta_{34}$ 成立，所以

$$(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})=\{(\theta_{R12}-\theta_{R14})+(\theta_{32}-\theta_{34})\}/2$$

由于根据实测值来求该式的右边，所以算出 $(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})$ 的值。

25 其中， $T(2)-T(4)=(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})$ ，但如果测定正确地进行，则本应

$\{T(2)-T(4)\}-(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})$ 大致为0。

因此，设 $rtmp=|\{T(2)-T(4)\}-(\theta_{TX2}-\theta_{TX4})|$ ，如果 $rtmp$ 在误差阈值以上，则判断为测定中有差错。

30 (3) 校准

通过从上述计算出的接收响应矢量 R 的相位旋转量 $R(1)$ 、 $R(2)$ 、 $R(3)$ 、 $R(4)$ 中分别减去发送响应矢量 T 的相位旋转量 $T(1)$ 、 T

(2)、T(3)、T(4)，可以算出每个对应的传输系统中相位旋转量的接收时和发送时之差，即相位校正量。

信号处理电路 20 根据对每个传输系统这样算出的相位校正量，例如通过预先偏移发送信号的初始相位，来执行相位旋转量的校准。

5 实施例 24

在图 67 是表示在图 66 所示的本发明第 3 基本结构中各部的振幅变动量的图，自适应阵列无线基站的结构本身与图 6 所示的结构相同。

10 在图 67 中，ATX1、ATX2、ATX3、ATX4 分别表示在各传输系统中从信号处理电路 20 输出的信号通过对应的发送电路 TX 和天线共用器 SW 到达对应的天线振子 ANT 的振幅变动量，ARX、ARX2、ARX3、ARX4 分别表示在各传输系统中由对应的天线振子 ANT 接收的信号通过对应的天线共用器 SW 和接收电路 RX 到达信号处理电路 20 的振幅变动量。

15 而且，在图 67 中，A12 表示天线振子 ANT1、ANT2 之间的信号的振幅变动量，A13 表示天线振子 ANT1、ANT3 之间的信号的振幅变动量，A14 表示天线振子 ANT1、ANT4 之间的信号的振幅变动量，A23 表示天线振子 ANT2、ANT3 之间的信号的振幅变动量，A24 表示天线振子 ANT2、ANT4 之间的信号的振幅变动量，A34 表示天线振子 ANT3、ANT4 之间的信号的振幅变动量。

20 本发明第 3 基本结构的实施例 24 在图 67 的结构中求接收响应矢量和发送响应矢量，以该振幅数据之差作为校正值来求。

(1) 接收响应矢量的测定方法

首先，说明接收响应矢量的测定方法。

25 ①在图 67 的结构中，由信号处理电路 20 将初始振幅 AIT1 固定为 1 的信号通过发送电路 TX1、天线共用器 SW1 从天线振子 ANT1 发送，用其它天线振子 ANT2、ANT3、ANT4 来接收。

其中，通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的振幅变动量 AR21 由下面的式 (8-1) 来表示。

$$30 \quad AR21 = ATX1 \times A12 \times ARX2 \quad \dots (8-1)$$

同样，通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的振幅变动量 AR31 由下面的

式 (8-2) 来表示。

$$AR31 = ATX1 \times A13 \times ARX3 \quad \dots (8-2)$$

同样，通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR41 由下面的式 (8-3) 来表示。

$$AR41 = ATX1 \times A14 \times ARX4 \quad \dots (8-3)$$

其中，如果将式 (8-1) 除以式 (8-2)，则

$$AR21/AR31 = ARX2/ARX3 * (A12/A13)$$

$$(ARX2/ARX3) = (AR21/AR31) / (A12/A13) \quad \dots (8-4)$$

同样，如果将式 (8-2) 除以式 (8-3)，则

$$AR31/AR41 = ARX3/ARX4 * (A13/A14)$$

$$(ARX3/ARX4) = (AR31/AR41) / (A13/A14) \quad \dots (8-5)$$

同样，如果将式 (8-1) 除以式 (8-3)，则

$$AR21/AR41 = ARX2/ARX4 * (A12/A14)$$

$$(ARX2/ARX4) = (AR21/AR41) / (A12/A14) \quad \dots (8-6)$$

②在图 67 的结构中，由信号处理电路 20 将初始振幅 AIT2 固定为 1 的信号通过发送电路 TX2、天线共用器 SW2 从天线振子 ANT2 发送，用其它天线振子 ANT1、ANT3、ANT4 来接收。

其中，通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR12 由下面的式 (8-7) 来表示。

$$AR12 = ATX2 \times A12 \times ARX1 \quad \dots (8-7)$$

同样，通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR32 由下面的式 (8-8) 来表示。

$$AR32 = ATX2 \times A23 \times ARX3 \quad \dots (8-8)$$

同样，通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR42 由下面的式 (8-9) 来表示。

$$AR42 = ATX2 \times A24 \times ARX4 \quad \dots (8-9)$$

其中，如果将式 (8-7) 除以式 (8-8)，则

$$AR12/AR32 = ARX1/ARX3 * (A12/A23)$$

$$(ARX1/ARX3) = (AR12/AR32) / (A12/A23) \quad \dots (8-10)$$

同样，如果将式 (8-8) 除以式 (8-9)，则
 $AR32/AR42=ARX3/ARX4*(A13/A24)$

$$(ARX3/ARX4) = (AR32/AR42) / (A23/A24) \quad \dots (8-11)$$

5 同样，如果将式 (8-9) 除以式 (8-7)，则
 $AR42/AR12=ARX4/ARX1*(A24/A12)$

$$(ARX4/ARX1) = (AR42/AR12) / (A24/A12) \quad \dots (8-12)$$

③在图 67 的结构中，由信号处理电路 20 将初始振幅 AIT3 固定为 1 的信号通过发送电路 TX3、天线共用器 SW3 从天线振子 ANT3 发送，用其它天线振子 ANT1、ANT2、ANT4 来接收。

其中，通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的振幅变动量 AR13 由下面的式 (8-13) 来表示。

$$AR13=ATX3 \times A13 \times ARX1 \quad \dots (8-13)$$

15 同样，通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的振幅变动量 AR23 由下面的式 (8-14) 来表示。

$$AR23=ATX3 \times A23 \times ARX2 \quad \dots (8-14)$$

20 同样，通过天线振子 ANT4、天线共用器 SW4、接收电路 RX4 用信号处理电路 20 接收的信号的发送至接收的振幅变动量 AR43 由下面的式 (8-15) 来表示。

$$AR43=ATX3 \times A34 \times ARX4 \quad \dots (8-15)$$

其中，如果将式 (8-13) 除以式 (8-14)，则
 $AR13/AR23=ARX1/ARX2*(A13/A23)$

$$(ARX1/ARX2) = (AR13/AR23) / (A13/A23) \quad \dots (8-16)$$

同样，如果将式 (8-14) 除以式 (8-15)，则
 $AR23/AR43=ARX2/ARX4*(A23/A34)$

$$(ARX2/ARX4) = (AR23/AR43) / (A23/A34) \quad \dots (8-17)$$

30 同样，如果将式 (8-15) 除以式 (8-13)，则
 $AR43/AR13=ARX4/ARX1*(A34/A13)$

$$(ARX4/ARX1) = (AR43/AR13) / (A34/A13) \quad \dots (8-18)$$

④在图 67 的结构中，由信号处理电路 20 将初始振幅 AIT4 固定

为 1 的信号通过发送电路 TX4、天线共用器 SW4 从天线振子 ANT4 发送，用其它天线振子 ANT1、ANT2、ANT3 来接收。

其中，通过天线振子 ANT1、天线共用器 SW1、接收电路 RX1 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR14 由下面的式 (8-19) 来表示。

$$AR14 = ATX4 \times A14 \times ARX1 \quad \dots (8-19)$$

同样，通过天线振子 ANT2、天线共用器 SW2、接收电路 RX2 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR24 由下面的式 (8-20) 来表示。

$$AR24 = ATX4 \times A24 \times ARX2 \quad \dots (8-20)$$

同样，通过天线振子 ANT3、天线共用器 SW3、接收电路 RX3 用信号处理电路 20 接收的信号发送至接收的振幅变动量 AR34 由下面的式 (8-21) 来表示。

$$AR34 = ATX4 \times A34 \times ARX3 \quad \dots (8-21)$$

其中，如果将式 (8-19) 除以式 (8-20)，则

$$AR14/AR24 = ARX1/ARX2 \times (A14/A24)$$

$$(ARX1/ARX2) = (AR14/AR24) / (A14/A24) \quad \dots (8-22)$$

同样，如果将式 (8-20) 除以式 (8-21)，则

$$AR24/AR34 = ARX2/ARX3 \times (A24/A34)$$

$$(ARX2/ARX3) = (AR24/AR34) / (A24/A34) \quad \dots (8-23)$$

同样，如果将式 (8-19) 除以式 (8-21)，则

$$AR14/AR34 = ARX1/ARX3 \times (A14/A34)$$

$$(ARX1/ARX3) = (AR14/AR34) / (A14/A34) \quad \dots (8-24)$$

⑤ 计算天线振子 ANT1 和 ANT2 的接收信号的振幅变动量之差 (ARX1/ARX2)：

通过上述的式 (8-16) 和式 (8-22) 来求 (ARX1/ARX2)，但为了提高精度，取两式的平均。再有，两式右边的第 1 项可以由实测值来获得，而第 2 项可以根据天线振子间隔来计算严密的值。因此，仅在算出的两式的值之差在误差阈值以下的情况下，作为没有误差的情况，进行以下的平均化处理。对于以后的平均化处理的说明也一样。

$$(ARX1/ARX2) = [\{(AR14/AR24)/(A14/A24)\} + \{(AR13/AR23)/(A13/A23)\}]/2 \quad \dots (8-25)$$

如上述，由于该式的右边根据实测值和依据天线振子间隔预先计算的值来求，所以可算出差分 $(ARX1/ARX2)$ 的值。

- 5 ⑥ 计算天线振子 ANT2 和 ANT3 的接收信号的振幅变动量之差 $(ARX2/ARX3)$ ：

根据上述的式(8-4)和式(8-23)来求 $(ARX2/ARX3)$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(ARX2/ARX3) = [\{(AR21/AR31)/(A12/A13)\} + \{(AR24/AR34)/(A24/A34)\}]/2 \quad \dots (8-26)$$

由于该式的右边根据实测值和依据天线振子间隔预先计算的值来求，所以可算出差分 $(ARX2/ARX3)$ 的值。

- ⑦ 计算天线振子 ANT3 和 ANT4 的接收信号的振幅变动量之差 $(ARX3/ARX4)$ ：

- 15 根据上述的式(8-5)和式(8-11)来求 $(ARX3/ARX4)$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(ARX3/ARX4) = [\{(AR31/AR41)/(A13/A14)\} + \{(AR32/AR42)/(A23/A24)\}]/2 \quad \dots (8-27)$$

- 20 由于该式的右边根据实测值和依据天线振子间隔预先计算的值来求，所以可算出差分 $(ARX3/ARX4)$ 的值。

- ⑧ 计算天线振子 ANT4 和 ANT1 的接收信号的振幅变动量之差 $(ARX4/ARX1)$ ：

根据上述的式(8-12)和式(8-18)来求 $(ARX4/ARX1)$ ，但为了提高精度，取两式的平均。

$$(ARX4/ARX1) = [\{(AR42/AR12)/(A24/A12)\} + \{(AR43/AR13)/(A34/A13)\}]/2 \quad \dots (8-28)$$

由于该式的右边根据实测值和依据天线振子间隔预先计算的值来求，所以可算出差分 $(ARX4/ARX1)$ 的值。

- ⑨ 求接收响应矢量：

- 30 如果将4个传输系统的各个天线振子的接收信号的振幅变动量表示为 $AR(1)=ARX1$ 、 $AR(2)=ARX2$ 、 $AR(3)=ARX3$ 、 $AR(4)=ARX4$ ，则以 $AR(1)$ 、 $AR(2)$ 、 $AR(3)$ 、 $AR(4)$ 为分量的矢量 AR 是振幅

数据的接收响应矢量。

如用上述的式 (8-25) ~ 式 (8-28) 所求, 各个振幅变动量的差分通过实测值具体算出 $(ARX1/ARX2)$ 、 $(ARX2/ARX3)$ 、 $(ARX3/ARX4)$ 、 $(ARX4/ARX1)$ 的值, 但就知道各个振幅变动量 $AR(1)$ 、 $AR(2)$ 、
5 $AR(3)$ 、 $AR(4)$ 的值来说, 信息不充分。

因此, 通过以某一个传输系统的振幅变动量、例如 $AR(1)$ 为基准值 1, 从上述的各差分值中可以分别算出其余的传输系统的振幅变动量。即, 例如如果 $R(1)=1$, 则由

$$AR(1)/AR(2) = (ARX1/ARX2) \text{ 变为}$$

10 $AR(2) = AR(1) / (ARX1/ARX2)$, 根据上述差分的实测值来算出 $AR(2)$ 的值。

同样, 由 $AR(2)/AR(3) = (ARX2/ARX3)$ 变为

$AR(3) = AR(2) / (ARX2/ARX3)$, 根据上述差分的实测值来算出 $AR(3)$ 的值。

15 同样地, 由 $AR(3)/AR(4) = (ARX3/ARX4)$ 变为

$AR(4) = AR(3) / (ARX3/ARX4)$, 根据上述差分的实测值来计算 $AR(4)$ 的值。

如以上那样, 通过使某一个传输系统的振幅变动量为 1, 来分别求其它传输系统的振幅变动量, 其结果, 可得到振幅数据的接收响应
20 矢量。

这里, 对在上述的测定结果中检查是否有错误的几种方法进行说明。

(i) 首先, 有 $AR(4)/AR(1) = (ARX4/ARX1)$, 但由于 $AR(1)=1$, 所以如果正确地进行测定, 则本应 $AR(4)/(ARX4/ARX1)$ 大致
25 为 1。

因此, 设 $rtmp = |AR(4)/(ARX4/ARX1) - 1|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为在测定上有错误。

(ii) 接着, 通过取上述的式 (8-10) 和式 (8-24) 的平均, 来求天线振子 ANT1 和 ANT3 的振幅变动量之差 $(ARX1/ARX3)$ 。

30 $(ARX1/ARX3) = \{ (AR12/AR32) / (A12/A23) \} + \{ (AR14/AR34) / (A14/A34) \} / 2$

其中, 由于 $A12=A23=A34=A14$ 成立, 所以

$$(ARX1/ARX3) = \{ (AR12/AR32) + (AR14/AR34) \} / 2$$

由于该式的右边根据实测值来求, 所以可算出 $(ARX1/ARX3)$ 的值。

其中, 有 $AR(1)/AR(3) = (ARX1/ARX3)$, 但如果将测定正确地进行, 则本应 $\{AR(1)/AR(3)\} / (ARX1/ARX3)$ 大致为 1。

5 因此, 设 $rtmp = |\{AR(1)/AR(3)\} / (ARX1/ARX3) - 1|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为在测定上有错误。

(iii) 接着, 通过取上述的式 (8-17) 和式 (8-6) 的平均, 来求天线振子 ANT2 和 ANT4 的振幅变动量之差 $(ARX2/ARX4)$ 。

$$10 \quad (ARX2/ARX4) = [\{ (AR23/AR43) / (A23/A34) \} + \{ (AR21/AR41) / (A12/A14) \}] / 2$$

其中, 由于 $A12=A23=A34=A14$ 成立, 所以

$$(ARX2/ARX4) = \{ (AR23/AR43) + (AR21/AR41) \} / 2$$

由于根据实测值来求该式的右边, 所以可算出 $(ARX2/ARX4)$ 的值。

15 其中, $AR(2)/AR(4) = (ARX2/ARX4)$, 但如果测定正确地进行, 则本应

$$\{AR(2)/AR(4)\} / (ARX2/ARX4) \text{ 大致为 } 1.$$

因此, 设 $rtmp = |\{AR(2)/AR(4)\} / (ARX2/ARX4) - 1|$, 如果 $rtmp$ 在误差阈值以上, 则判断为测定中有差错。

20 (2) 发送响应矢量的测定方法

下面说明发送响应矢量的测定方法。

① 计算天线振子 ANT1 和 ANT2 的发送信号的振幅变动量之差 $(ATX1/ATX2)$:

如果将上述的式 (8-2) 除以式 (8-8), 则

$$25 \quad AR31/AR32 = ATX1/ATX2 * (A13/A23)$$

$$(ATX1/ATX2) = (AR31/AR32) / (A13/A23) \quad \cdots (8-29)$$

同样, 如果将式 (8-3) 除以式 (8-9), 则

$$AR41/AR42 = ATX1/ATX2 * (A14/A24)$$

$$(ATX1/ATX2) = (AR41/AR42) / (A14/A24) \quad \cdots (8-30)$$

30 通过式 (8-29) 和式 (8-30) 来求 $(ATX1/ATX2)$, 但为了进一步提高精度, 取两式的平均。

$$(ATX1/ATX2) = [\{ (AR31/AR32) / (A13/A23) \} + \{ (AR41/AR42) / (A14/A24) \}] / 2$$

$$/ (A_{14}/A_{24}) \}]/2 \quad \dots (8-31)$$

由于该式的右边可根据实测值和预先从天线振子间隔中计算的值得求出, 所以可算出差分 ($ATX1/ATX2$) 的值。

② 计算天线振子 ANT2 和 ANT3 的发送信号的振幅变动量之差 ($ATX2/ATX3$):

如果将上述的式 (8-7) 除以式 (8-13), 则

$$AR_{12}/AR_{13}=ATX2/ATX3*(A_{12}/A_{13})$$

$$(ATX2/ATX3) = (AR_{12}/AR_{13}) / (A_{12}/A_{13}) \quad \dots (8-32)$$

同样, 如果将式 (8-9) 除以式 (8-15), 则

$$AR_{42}/AR_{43}=ATX2/ATX3*(A_{24}/A_{34})$$

$$(ATX2/ATX3) = (AR_{42}/AR_{43}) / (A_{24}/A_{34}) \quad \dots (8-33)$$

通过式 (8-32) 和式 (8-33) 来求 ($ATX2/ATX3$), 但为了提高精度, 取两式的平均。

$$(ATX2/ATX3) = [\{(AR_{12}/AR_{13}) / (A_{12}/A_{13})\} + \{(AR_{42}/AR_{43}) / (A_{24}/A_{34})\}] / 2 \quad \dots (8-34)$$

由于该式的右边根据实测值和预先从天线振子间隔中计算的值得求出, 所以可算出差分 ($ATX2/ATX3$) 的值。

③ 计算天线振子 ANT3 和 ANT4 的发送信号的振幅变动量之差 ($ATX3/ATX4$):

如果将上述的式 (8-13) 除以式 (8-19), 则

$$AR_{13}/AR_{14}=ATX3/ATX4*(A_{13}/A_{14})$$

$$(ATX3/ATX4) = (AR_{13}/AR_{14}) / (A_{13}/A_{14}) \quad \dots (8-35)$$

同样, 如果将式 (8-14) 除以式 (8-20), 则

$$AR_{23}/AR_{24}=ATX3/ATX4*(A_{23}/A_{24})$$

$$(ATX3/ATX4) = (AR_{23}/AR_{24}) / (A_{23}/A_{24}) \quad \dots (8-36)$$

通过式 (8-35) 和式 (8-36) 来求 ($ATX3/ATX4$), 但为了提高精度, 取两式的平均。

$$(ATX3/ATX4) = [\{(AR_{13}/AR_{14}) / (A_{13}/A_{14})\} + \{(AR_{23}/AR_{24}) / (A_{23}/A_{24})\}] / 2 \quad \dots (8-37)$$

由于该式的右边可根据实测值和预先从天线振子间隔中计算的值得求出, 所以可算出差分 ($ATX3/ATX4$) 的值。

④ 计算天线振子 ANT4 和 ANT1 的发送信号的振幅变动量之差

(ATX4/ATX1) :

如果将上述的式 (8-20) 除以式 (8-1), 则

$$AR24/AR21=ATX4/ATX1*(A24/A12)$$

$$(ATX4/ATX1) = (AR24/AR21) / (A24/A12) \quad \dots (8-38)$$

5 同样, 如果将式 (8-21) 除以式 (8-2), 则

$$AR34/AR31=ATX4/ATX1*(A34/A13)$$

$$(ATX4/ATX1) = (AR34/AR31) / (A34/A13) \quad \dots (8-39)$$

通过式 (8-38) 和式 (8-39) 来求 (ATX4/ATX1), 但为了进一步提高精度, 取两式的平均.

$$10 \quad (ATX4/ATX1) = [\{(AR24/AR21) / (A24/A12)\} + \{(AR34/AR31) / (A34/A13)\}] / 2 \quad \dots (8-40)$$

由于该式的右边可根据实测值和预先从天线振子间隔中计算的值求出, 因而可算出差分 (ATX4/ATX1) 的值.

⑤ 求发送响应矢量:

15 如果四个传输系统的各个天线振子的发送信号的振幅变动量表示为 AT (1) = ATX1、AT (2) = ATX2、AT (3) = ATX3、AT (4) = ATX4, 则以 (AT (1)、AT (2)、AT (3)、AT (4)) 为分量的矢量 AT 是振幅数据的发送响应矢量.

20 如求用上述的式 (8-31)、(8-34)、(8-37)、(8-40) 所求那样, 各个振幅变动量的差分根据实测值可具体算出 (ATX1/ATX2)、(ATX2/ATX3)、(ATX3/ATX4)、(ATX4/ATX1) 的值但就知道各个振幅变动量 AT (1)、AT (2)、AT (3)、AT (4) 的值来说, 信息不充足.

25 因此, 通过以某一个传输系统的振幅变动量、例如 AT (1) 为基准值 1, 从上述的各差分的算出值中可以分别算出其余的传输系统的振幅变动量. 即, 例如如果 AT (1) = 1, 则由

$$AT (1) / AT (2) = (ATX1/ATX2) \text{ 变为}$$

AT (2) = AT (1) / (ATX1/ATX2), 根据上述差分的实测值来算出 AT (2) 的值.

30 同样, 由 AT (2) / AT (3) = (ATX2/ATX3) 变为

AT (3) = AT (2) / (ATX2/ATX3), 根据上述差分的实测值来算出 AT (3) 的值.

同样地，由 $AT(3)/AT(4) = (ATX3/ATX4)$ 变为

$AT(4) = AT(3) / (ATX3/ATX4)$ ，根据上述差分的实测值来计算 $AT(4)$ 的值。

如以上那样，通过使某一个传输系统的振幅变动量为 1，来分别求其它传输系统的振幅变动量，其结果，可得到振幅数据的发送响应矢量。

这里，对在上述的测定结果中检查是否有错误的几种方法进行说明。

(i) 首先，有 $AT(4)/AT(1) = (ATX4/ATX1)$ ，但由于 $AT(1) = 1$ ，所以如果正确地进行测定，则本应 $AT(4)/(ATX4/ATX1)$ 为 1。

因此，设 $rtmp = |AT(4)/(ATX4/ATX1) - 1|$ ，如果 $rtmp$ 在误差阈值以上，则判断为在测定上有错误。

(ii) 接着，求天线振子 ANT1 和 ANT3 的振幅变动量之差 $(ATX1/ATX3)$ 。

首先，如果将式 (8-1) 除以式 (8-14)，则

$$AR21/AR23 = ATX1/ATX3 * (A12/A23)$$

$$(ATX1/ATX3) = (AR21/AR23) / (A12/A23) \quad \dots (8-41)$$

同样地，如果将式 (8-3) 除以式 (8-15)，则

$$AR41/AR43 = ATX1/ATX3 * (A14/A34)$$

$$(ATX1/ATX3) = (AR41/AR43) / (A14/A34) \quad \dots (8-42)$$

通过取式 (8-41) 和式 (8-42) 的平均，有

$$(ATX1/ATX3) = [\{(AR21/AR23) / (A12/A23)\} + \{(AR41/AR43) / (A14/A34)\}] / 2$$

其中，由于 $A12=A23=A34=A14$ 成立，所以

$$(ATX1/ATX3) = \{(AR21/AR23) + (AR41/AR43)\} / 2$$

由于该式的右边可根据实测值来求，所以可算出 $(ATX1/ATX3)$ 的值。

其中，是 $AT(1)/AT(3) = (ATX1/ATX3)$ ，但如果将测定正确地进行，则本应

$\{AT(1)/AT(3)\} / (ATX1/ATX3)$ 大致为 1。因此，设 $rtmp = |\{AT(1)/AT(3)\} / (ATX1/ATX3) - 1|$ ，如果 $rtmp$ 在误差阈值以上，则判断为在测定上有错误。

(iii) 接着, 求天线振子 ANT2 和 ANT4 的振幅变动量之差 (ATX2/ATX4)。

首先, 如果将式 (8-7) 除以式 (8-19), 则

$$AR12/AR14=ATX2/ATX4*(A12/A14)$$

$$(ATX2/ATX4) = (AR12/AR14) / (A12/A14) \quad \dots (8-43)$$

同样, 如果将式 (8-8) 除以式 (8-21), 则

$$AR32/AR34=ATX2/ATX4*(A23/A34)$$

$$(ATX2/ATX4) = (AR32/AR34) / (A23/A34) \quad \dots (8-44)$$

通过取式 (8-43) 和式 (8-44) 平均

$$(ATX2/ATX4) = [\{(AR12/AR14) / (A12/A14)\} + \{(AR32/AR34) / (A23/A34)\}] / 2$$

其中, 由于 $A12=A23=A34=A14$ 成立, 所以

$$(ATX2/ATX4) = \{(AR12/AR14) + (AR32/AR34)\} / 2$$

由于根据实测值来求该式的右边, 所以可计算出 (ATX2/ATX4) 的值。

其中, $AT(2)/AT(4) = (ATX2/ATX4)$, 但如果测定正确地进行, 则本应

$$\{AT(2)/AT(4)\} / (ATX2/ATX4) \text{ 大致为 } 1.$$

因此, 设 $r_{tmp} = |\{AT(2)/AT(4)\} / (ATX2/ATX4) - 1|$, 如果 r_{tmp} 在误差阈值以上, 则判断为测定中有差错。

(3) 校准

通过从上述那样计算出的接收响应矢量 AR 的振幅变动量 AR(1)、AR(2)、AR(3)、AR(4) 中分别减去发送响应矢量 AT 的振幅变动量 AT(1)、AT(2)、AT(3)、AT(4), 可以计算出每个对应的传输系统中振幅变动量的接收时和发送时之差, 即振幅校正量。

信号处理电路 20 根据对每个传输系统这样计算出的振幅校正量, 例如通过预先调整发送信号的初始振幅, 来执行振幅变动量的校准。

如以上那样, 根据本发明, 在包括多个传输系统的无线装置中, 根据在各个传输系统中发送的已知信号和测定的接收信号来估计该传输系统的有关传输特性的信息, 所以不用专门设置特别的测定电路而用简单且价格便宜的结构就可以进行各传输系统的接收电路和发送电路之间的传输特性的校准。

说明书附图

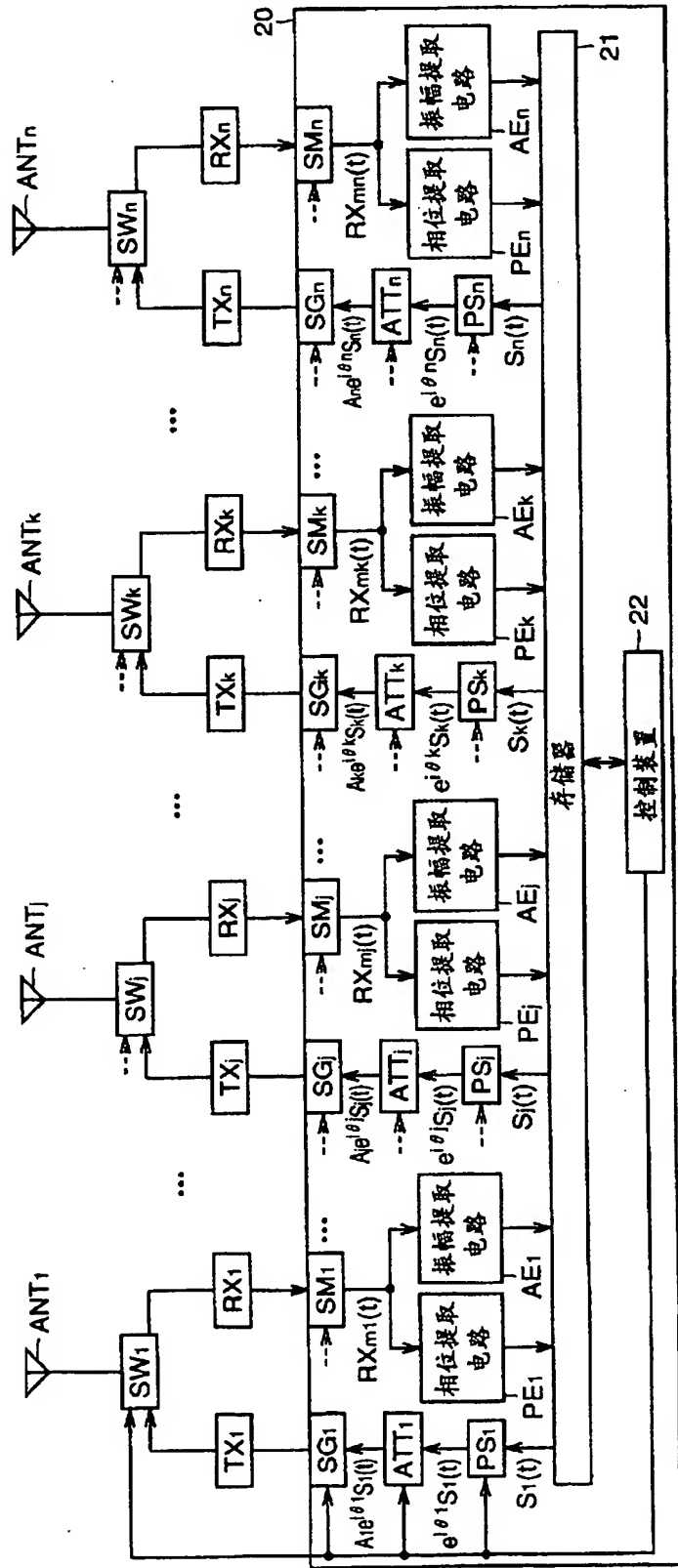


图 1

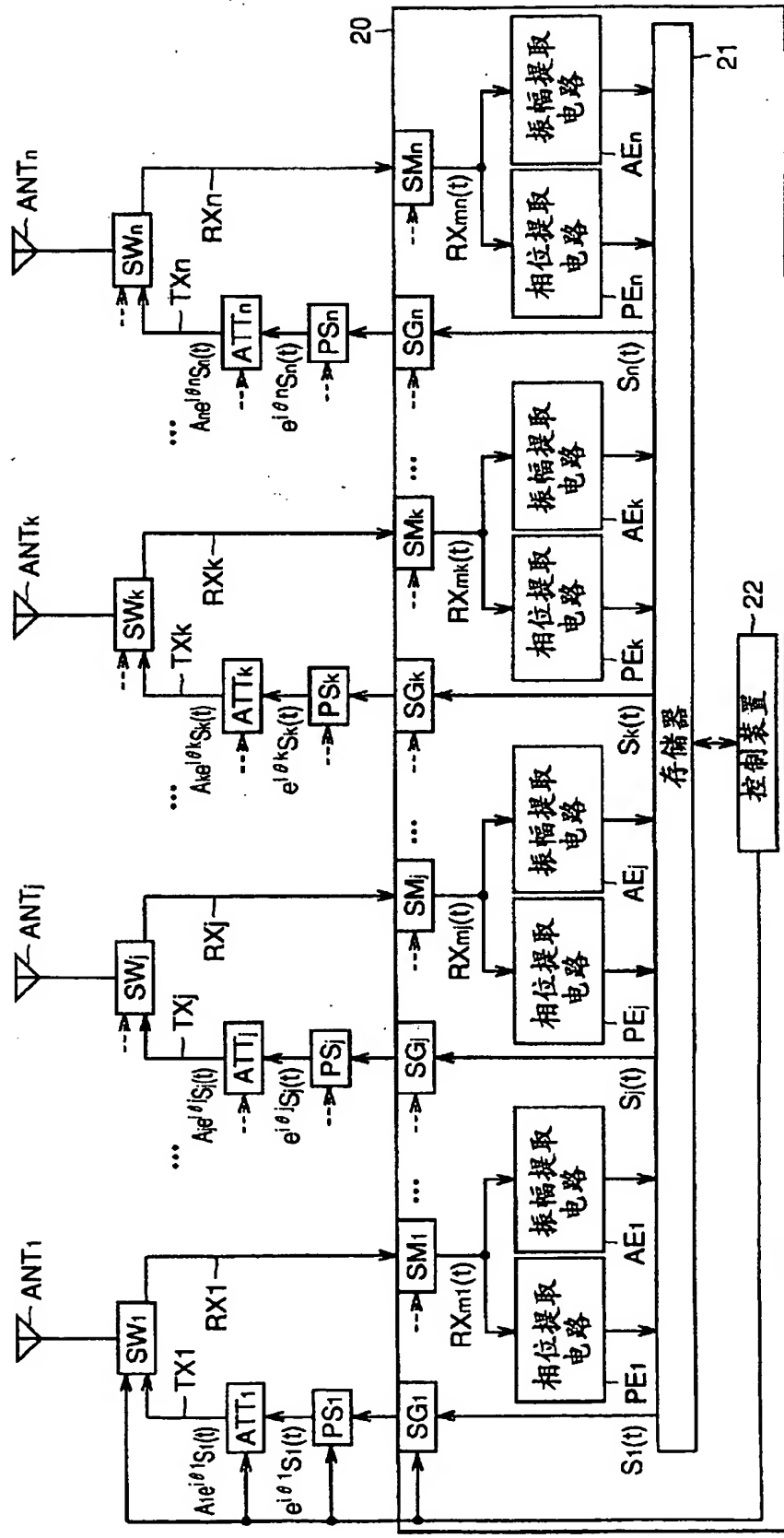


图 2

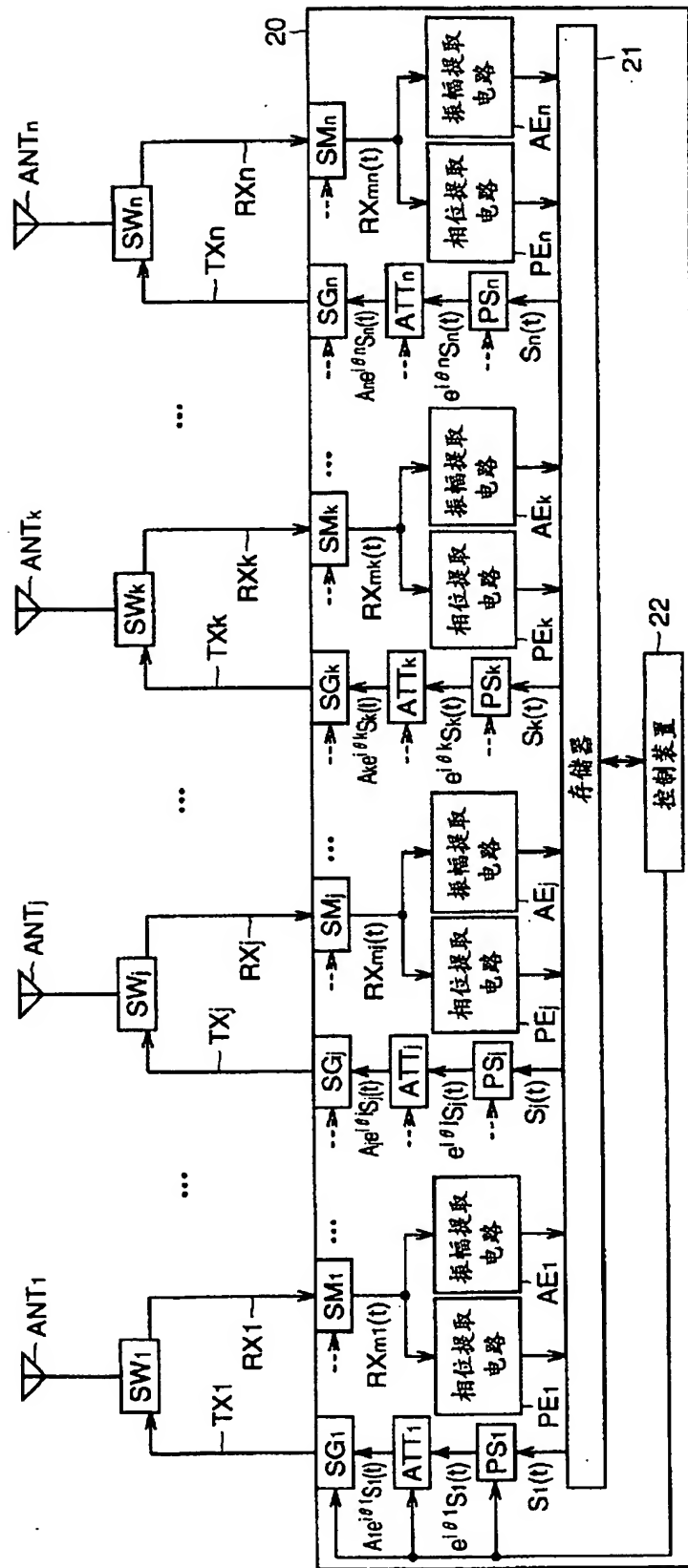


图 3

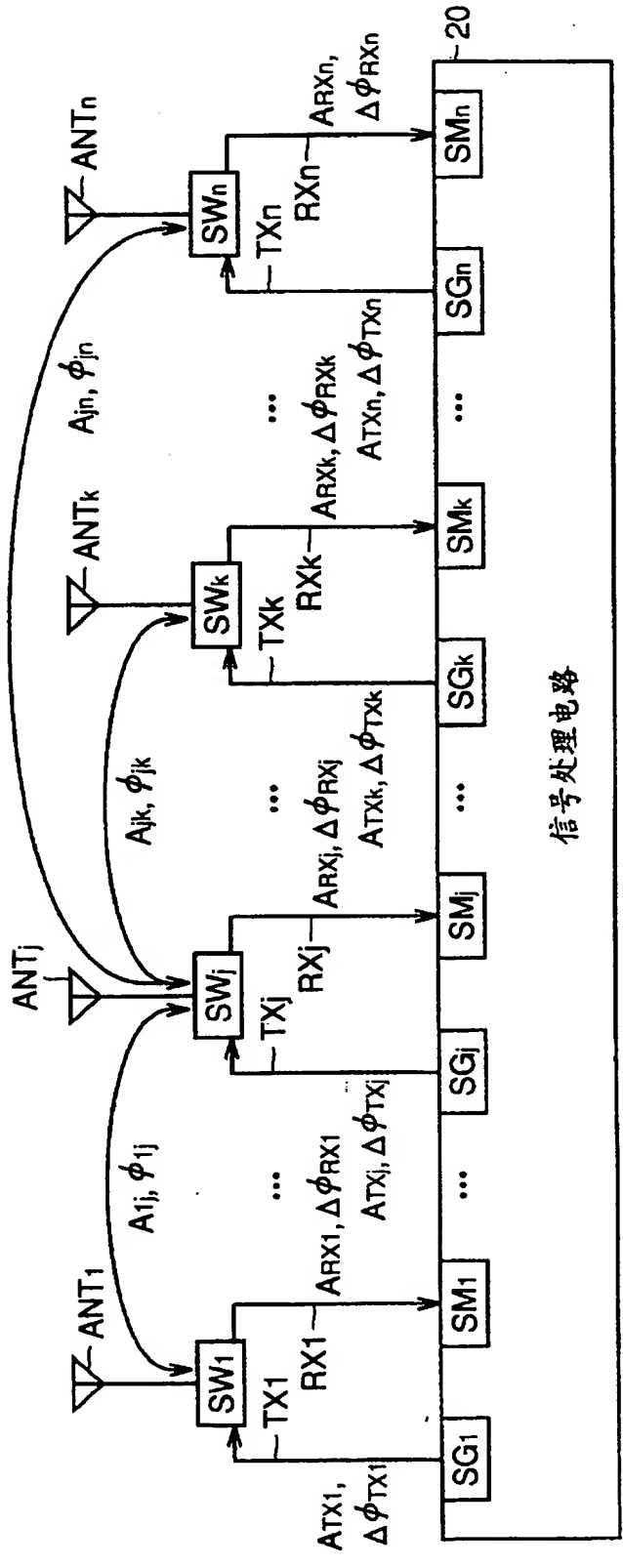


图 5

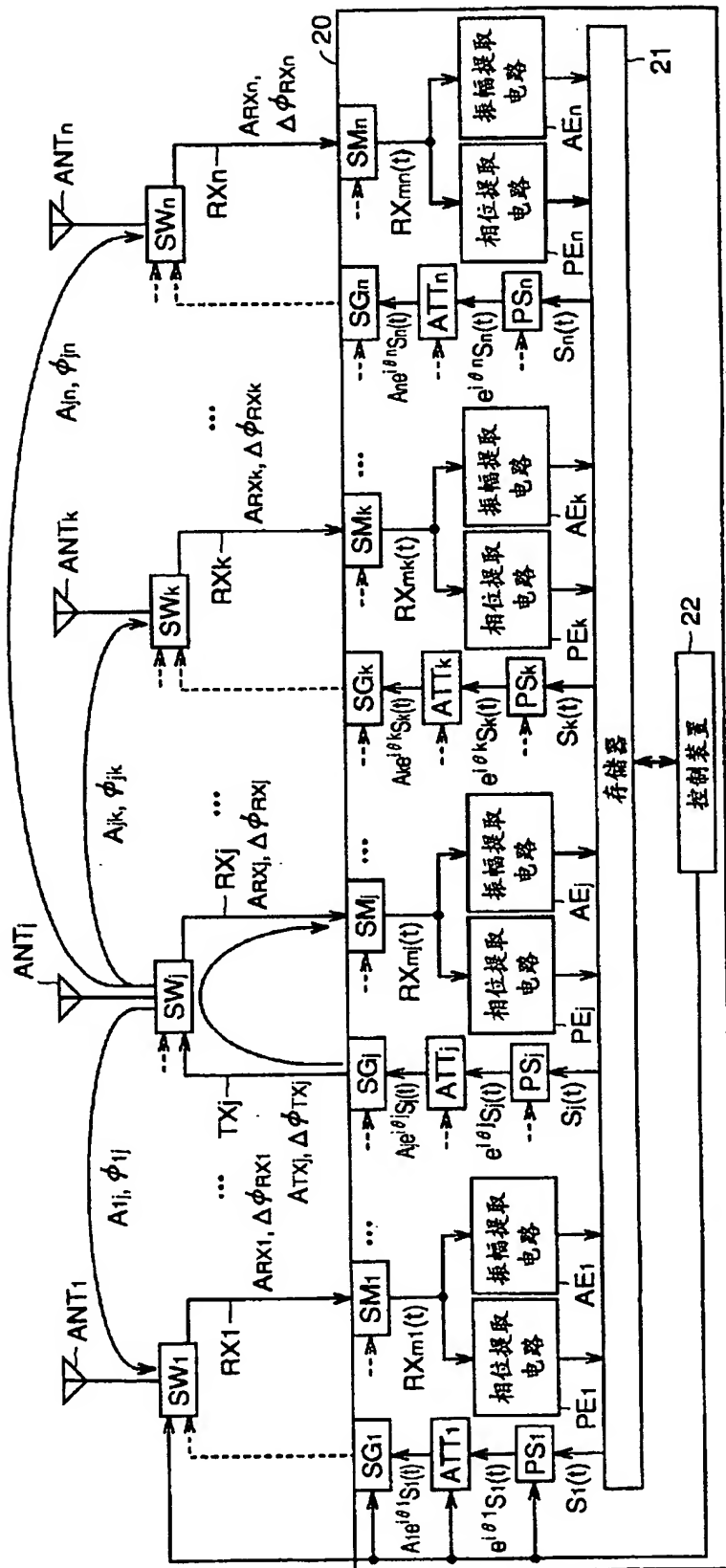


图 6

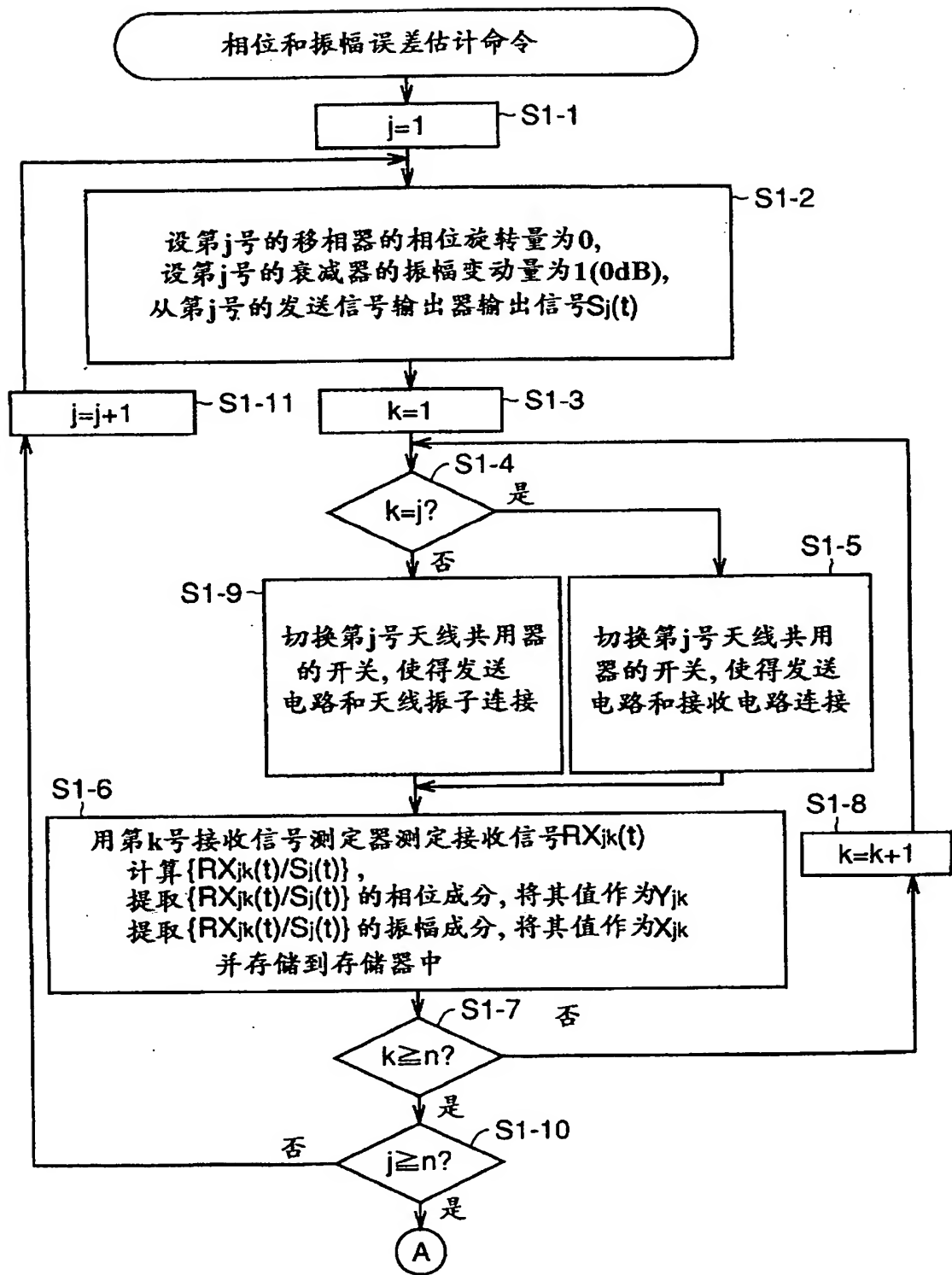


图 7

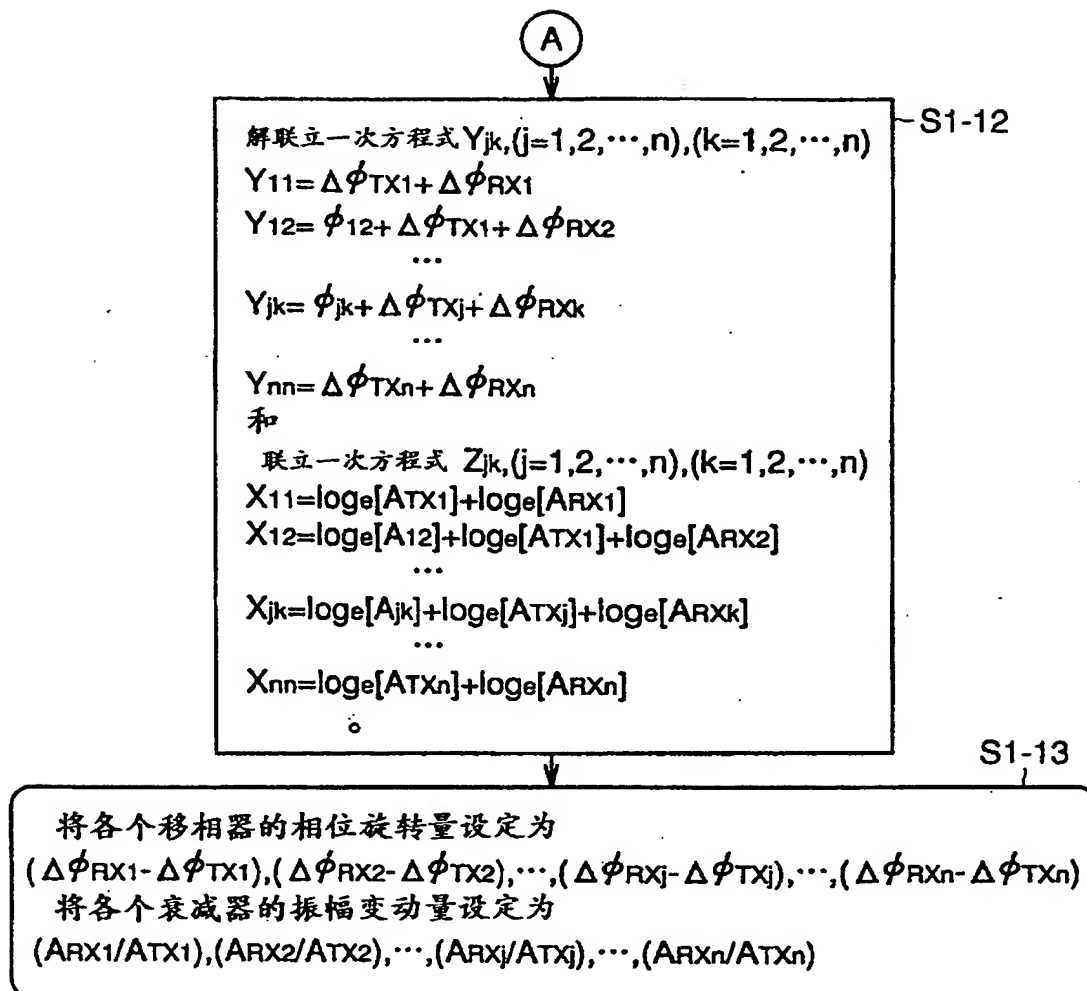


图 8

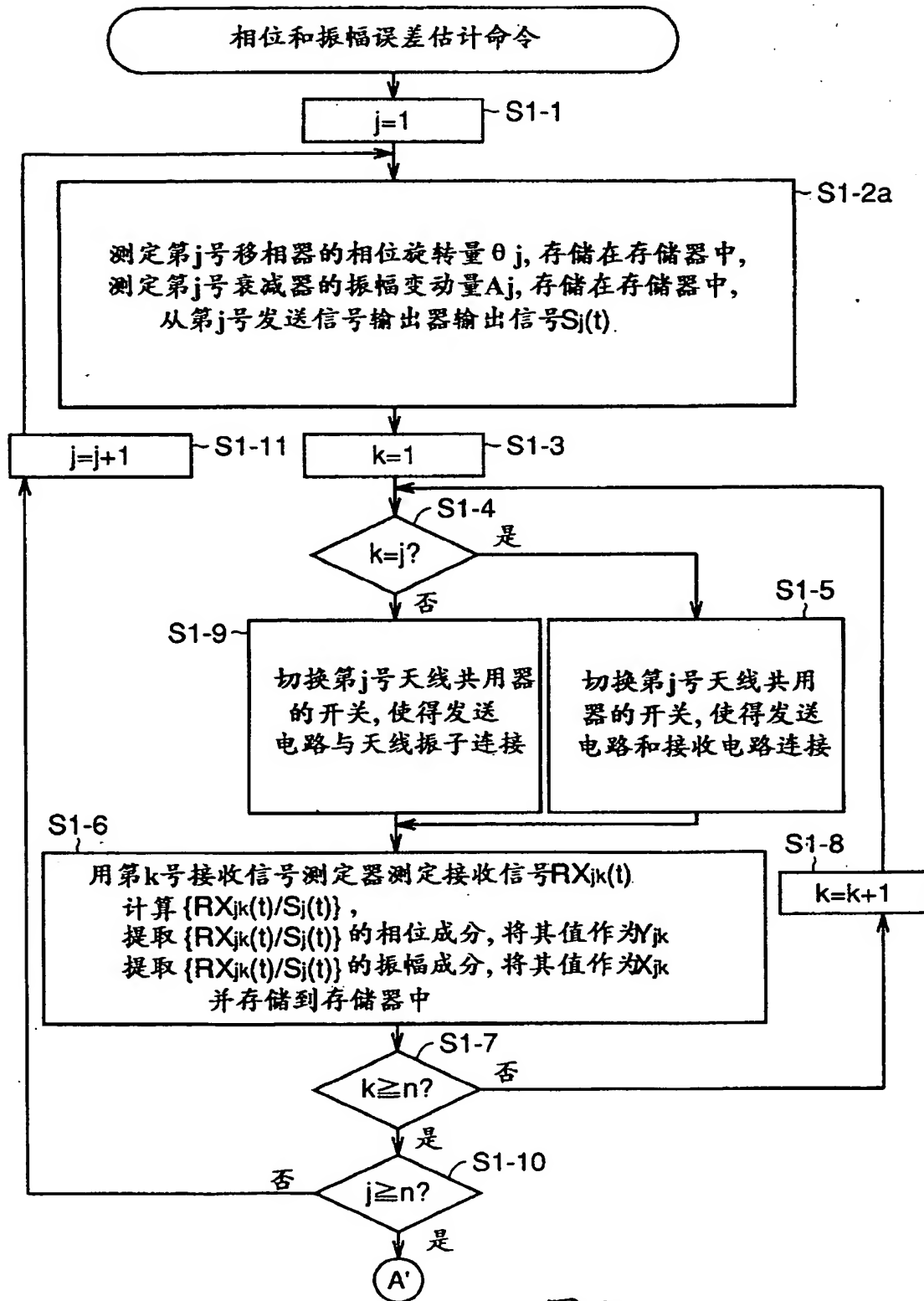


图 9

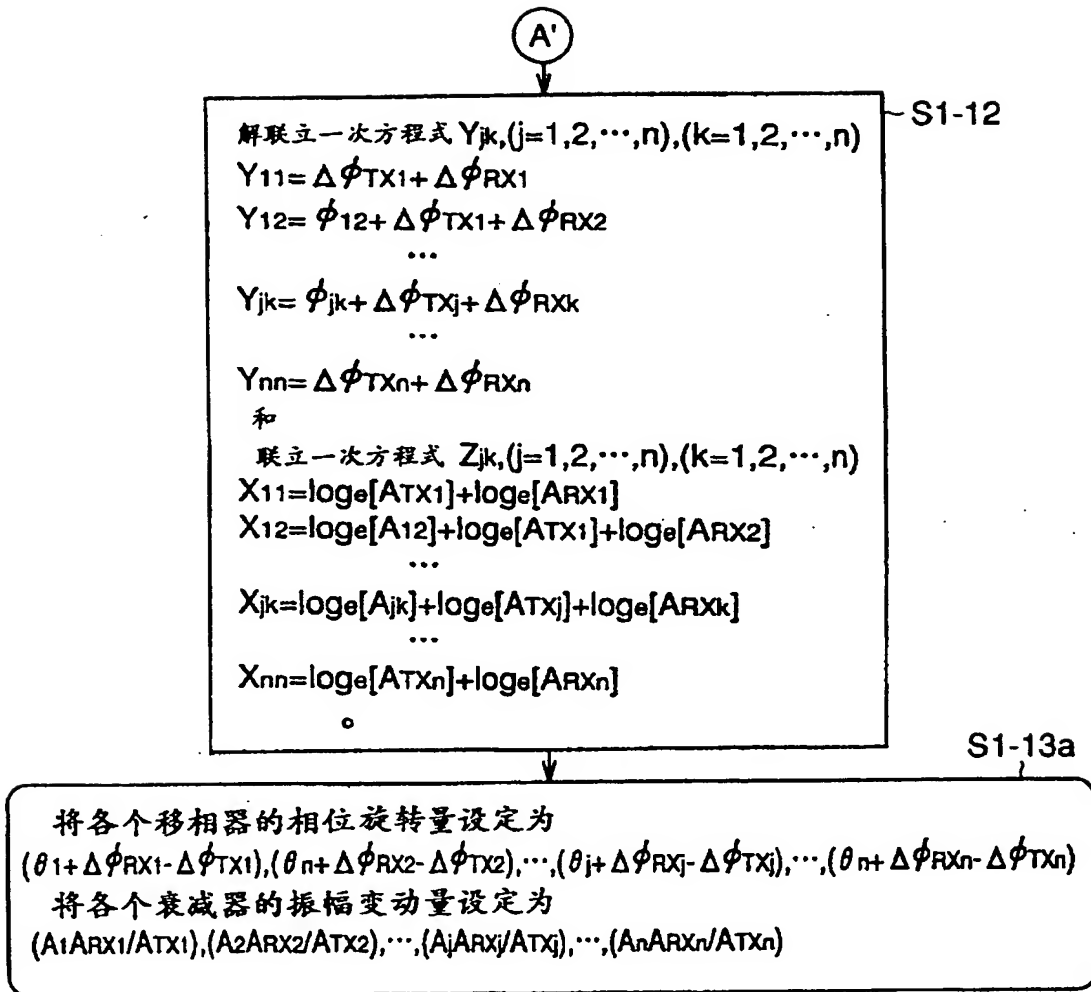


图 10

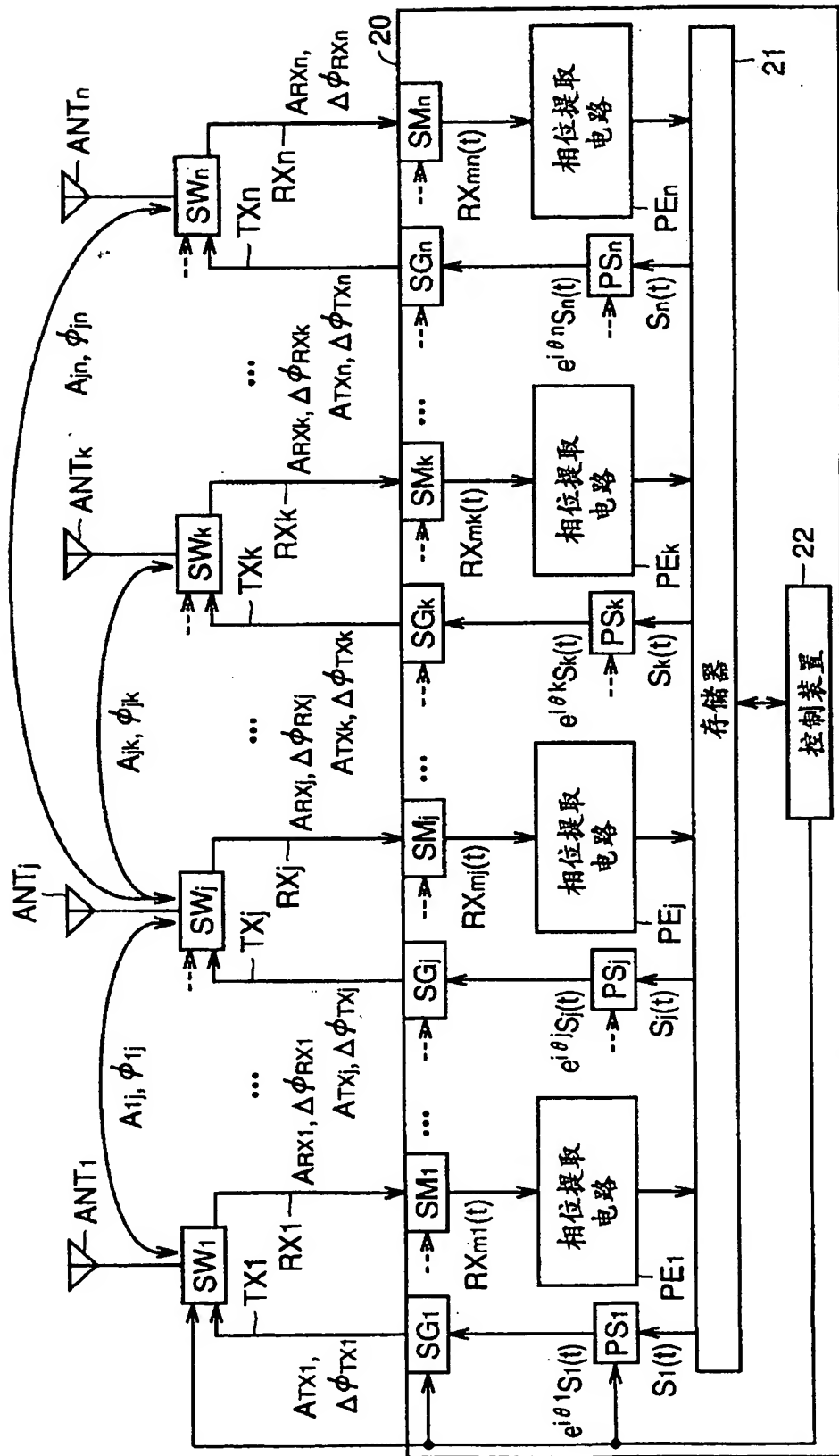


图 11

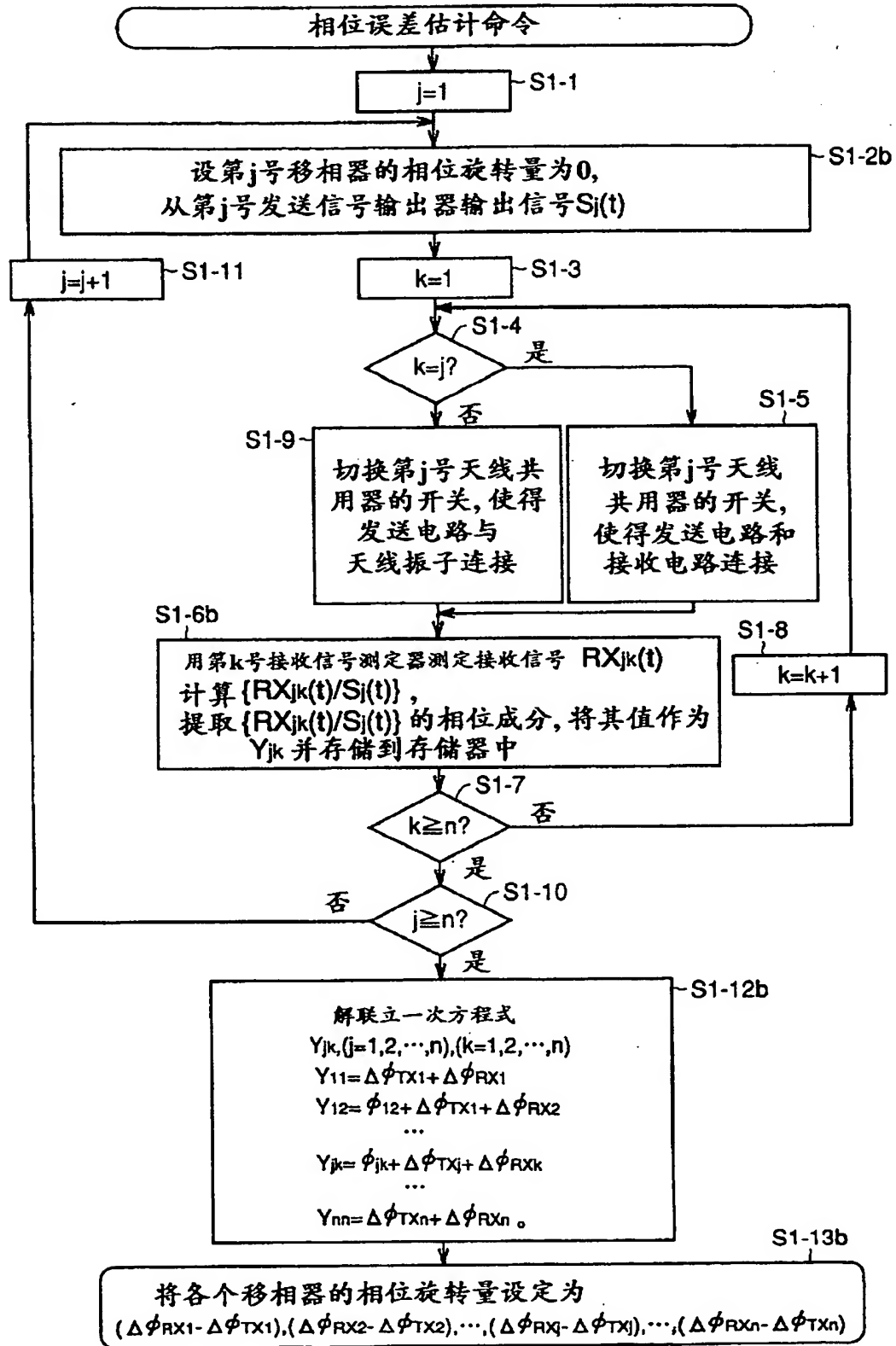


图 12

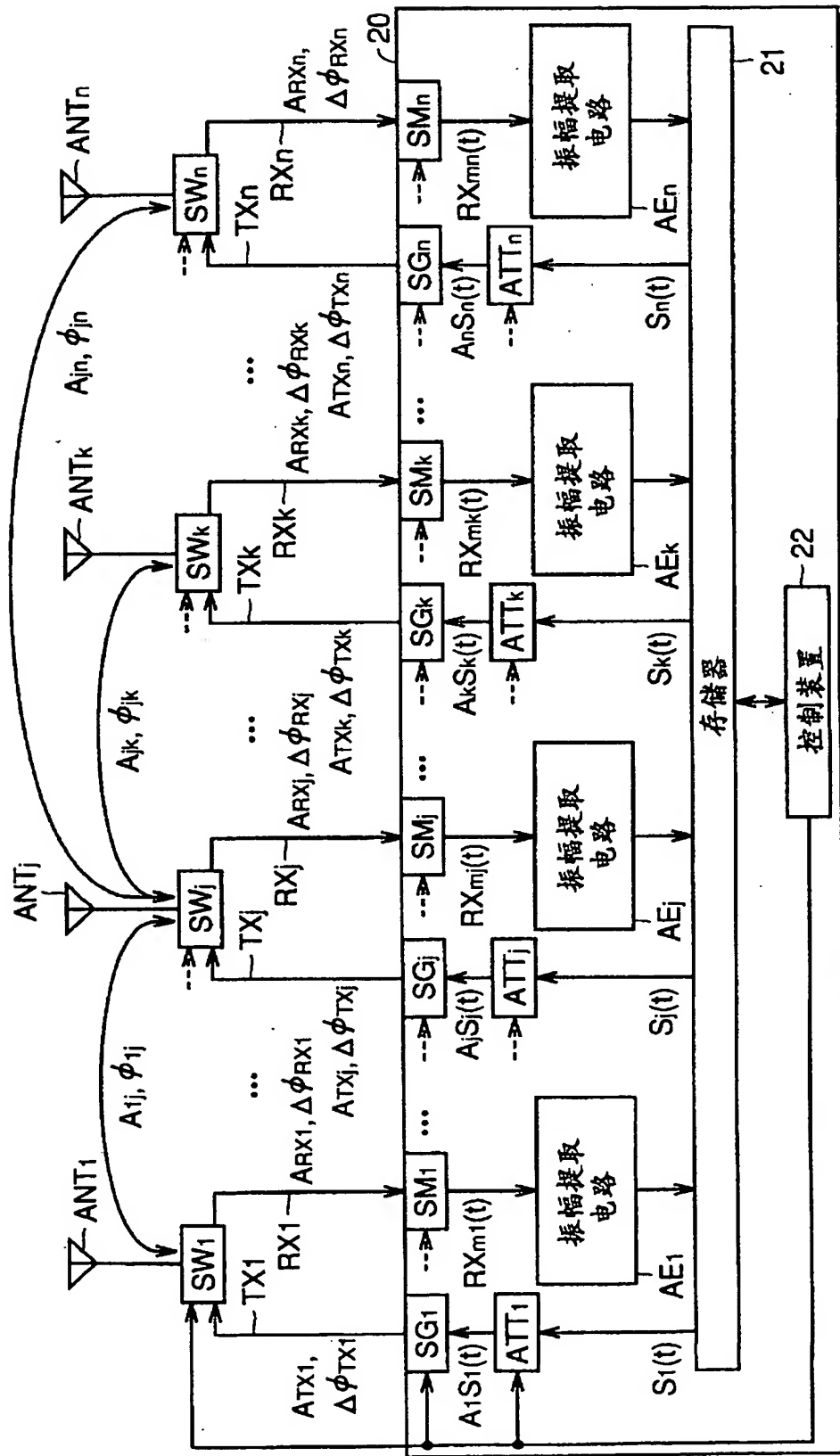


图 13

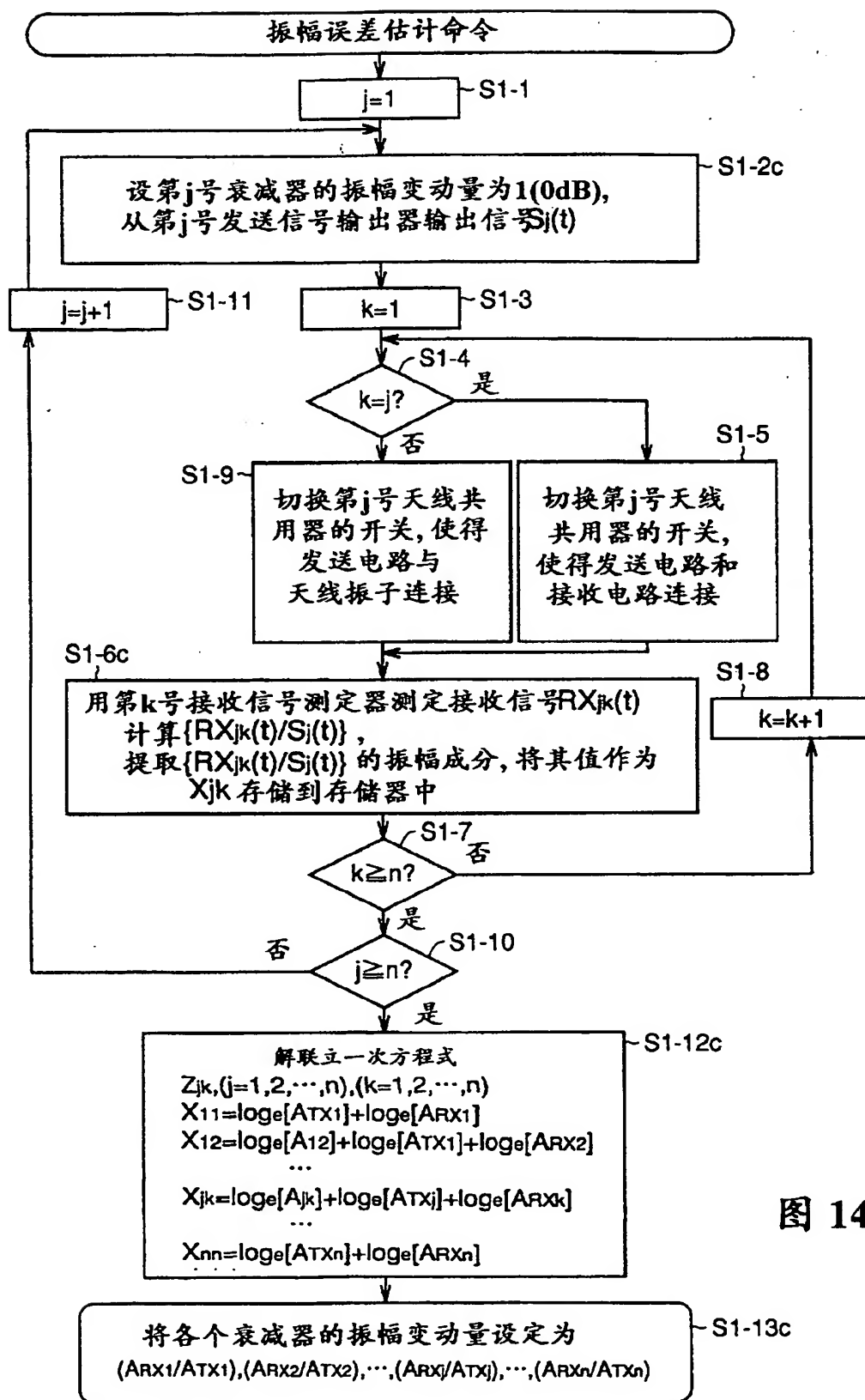


图 14

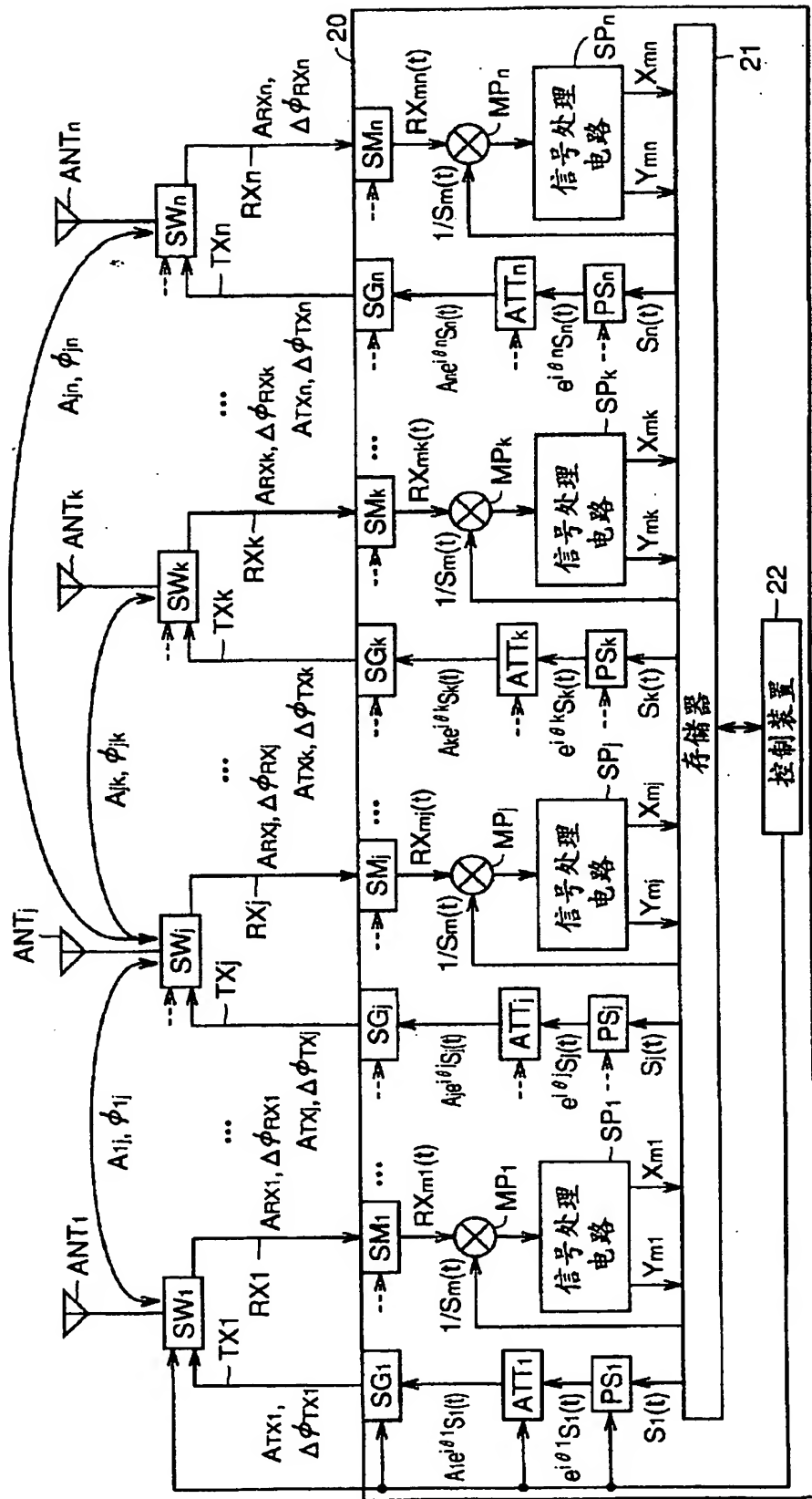


图 15

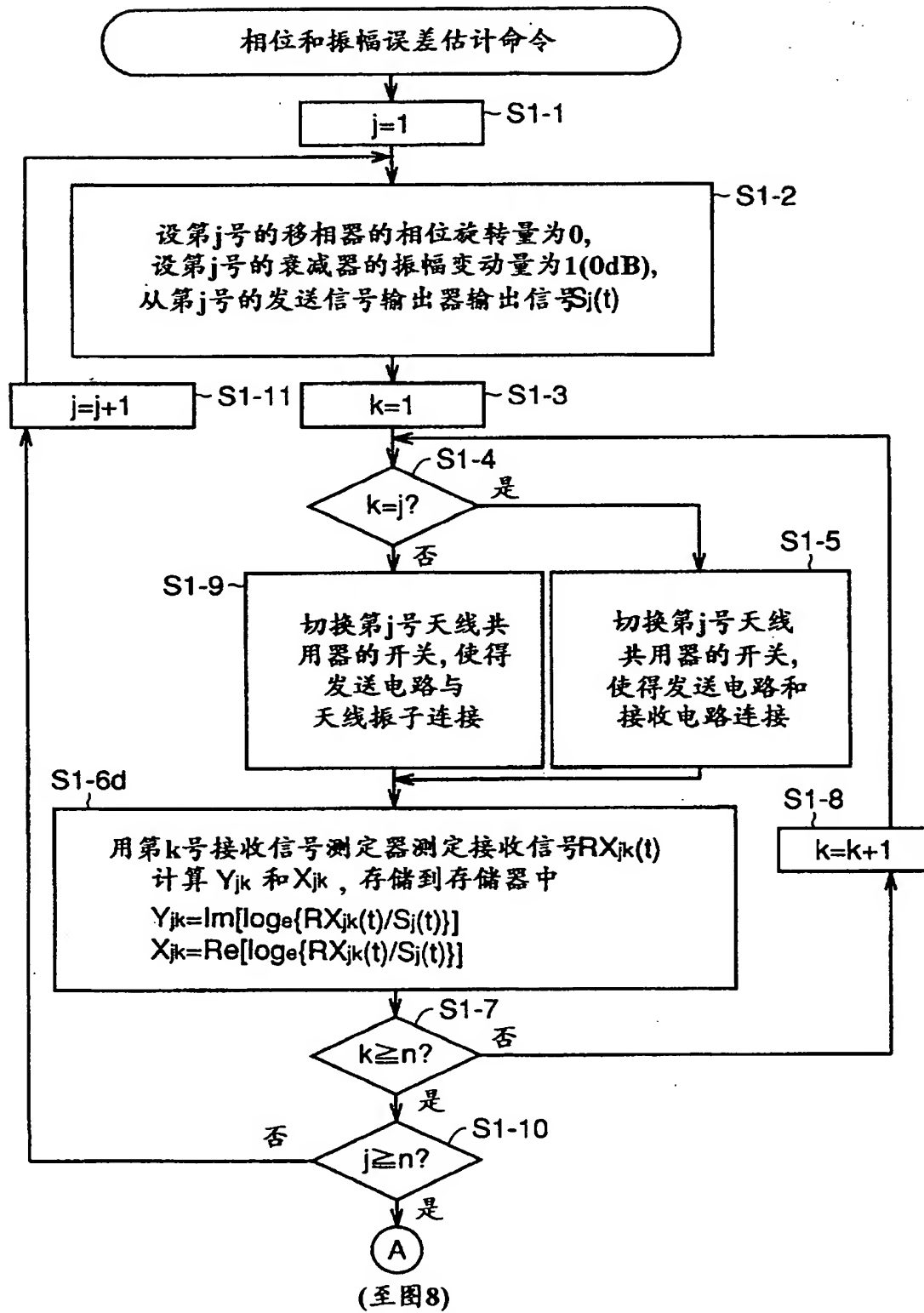


图 16

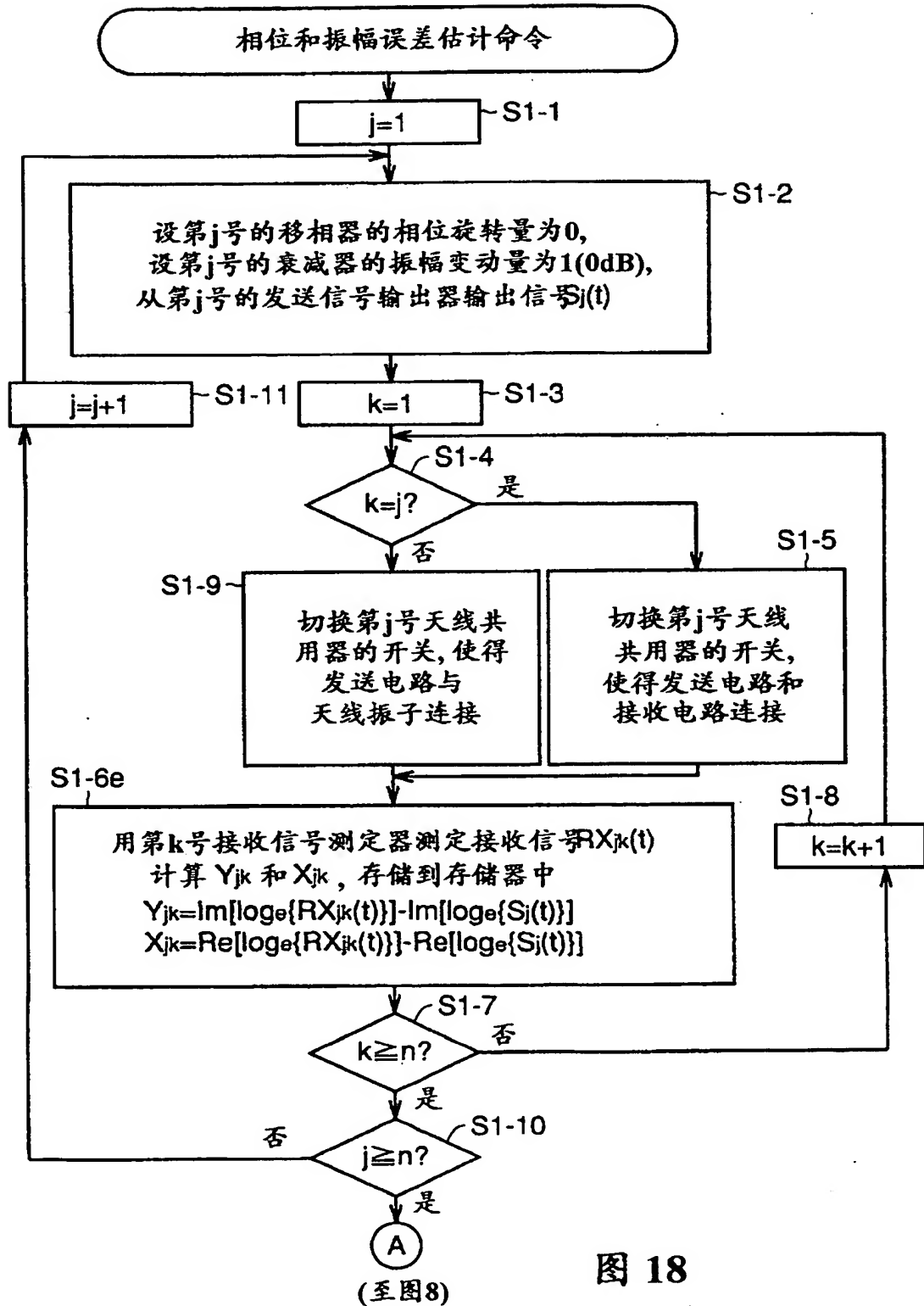
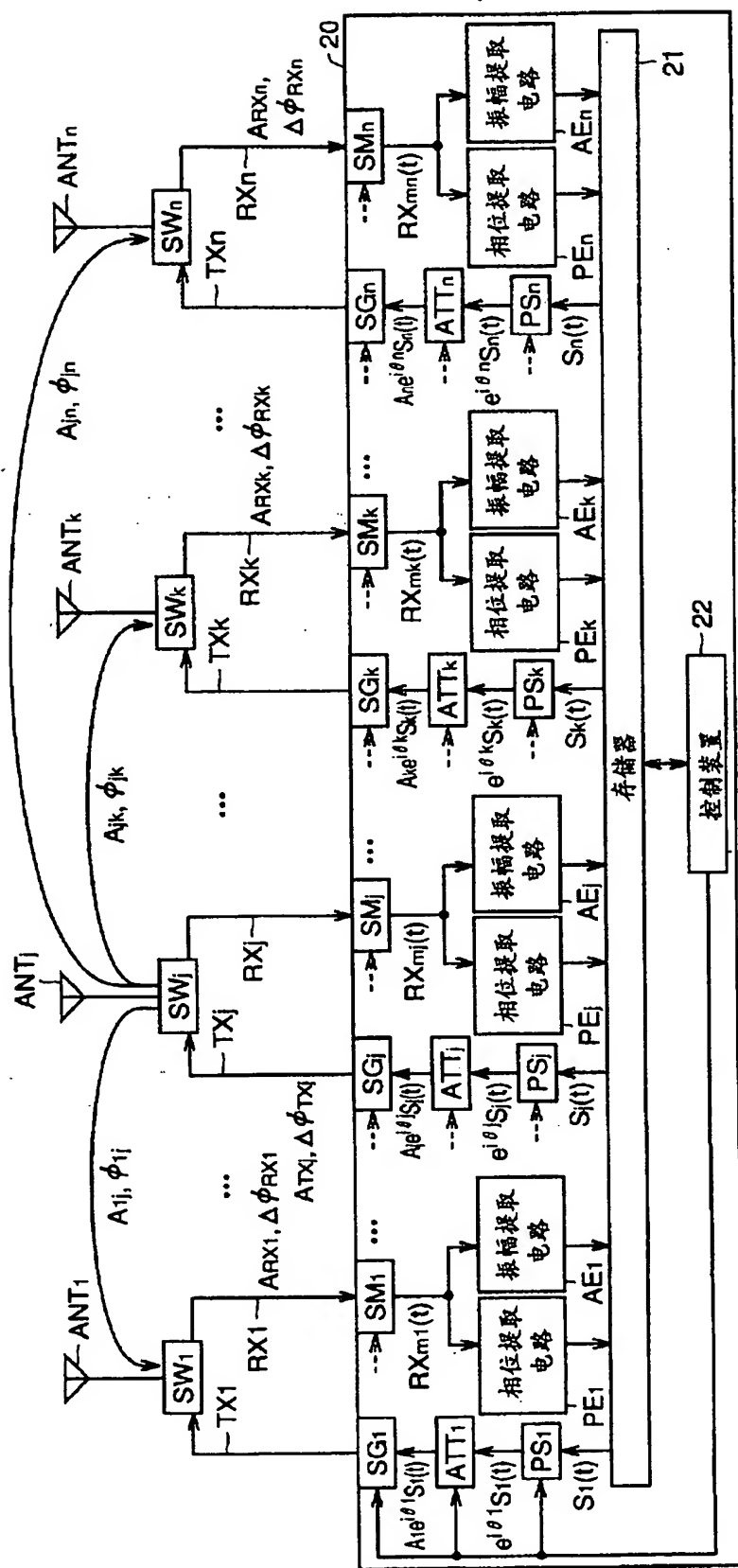


图 18



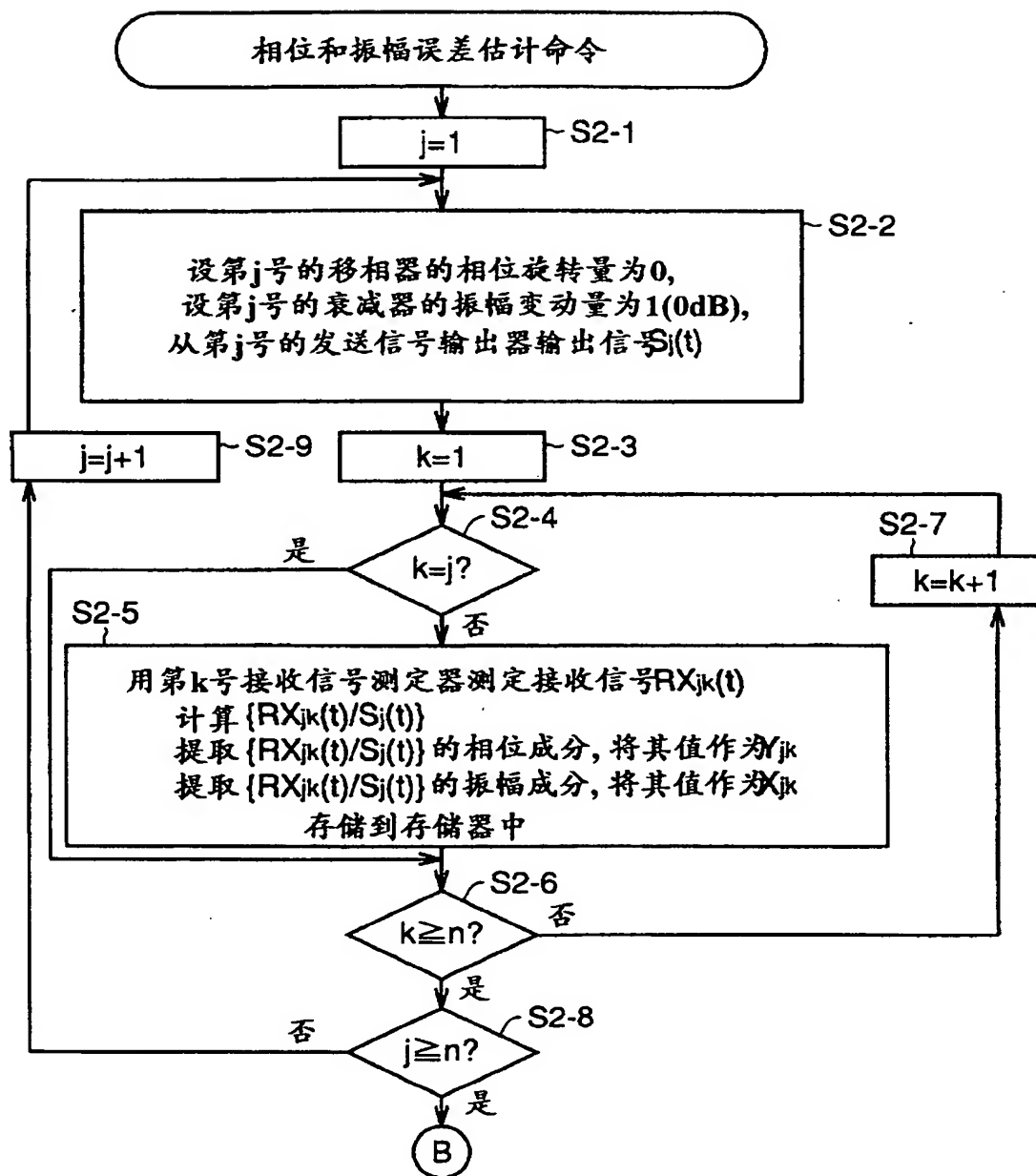


图 20

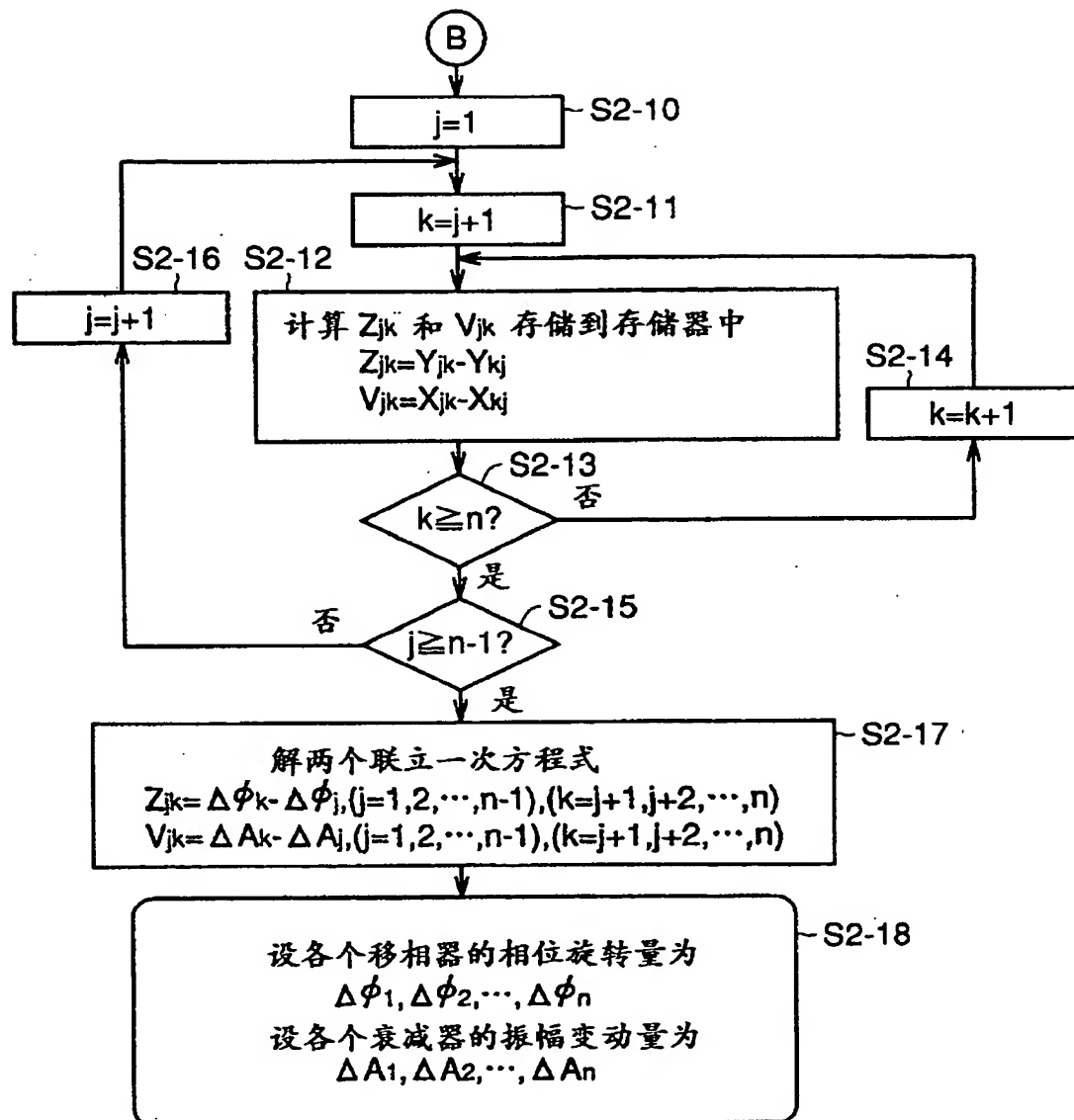


图 21

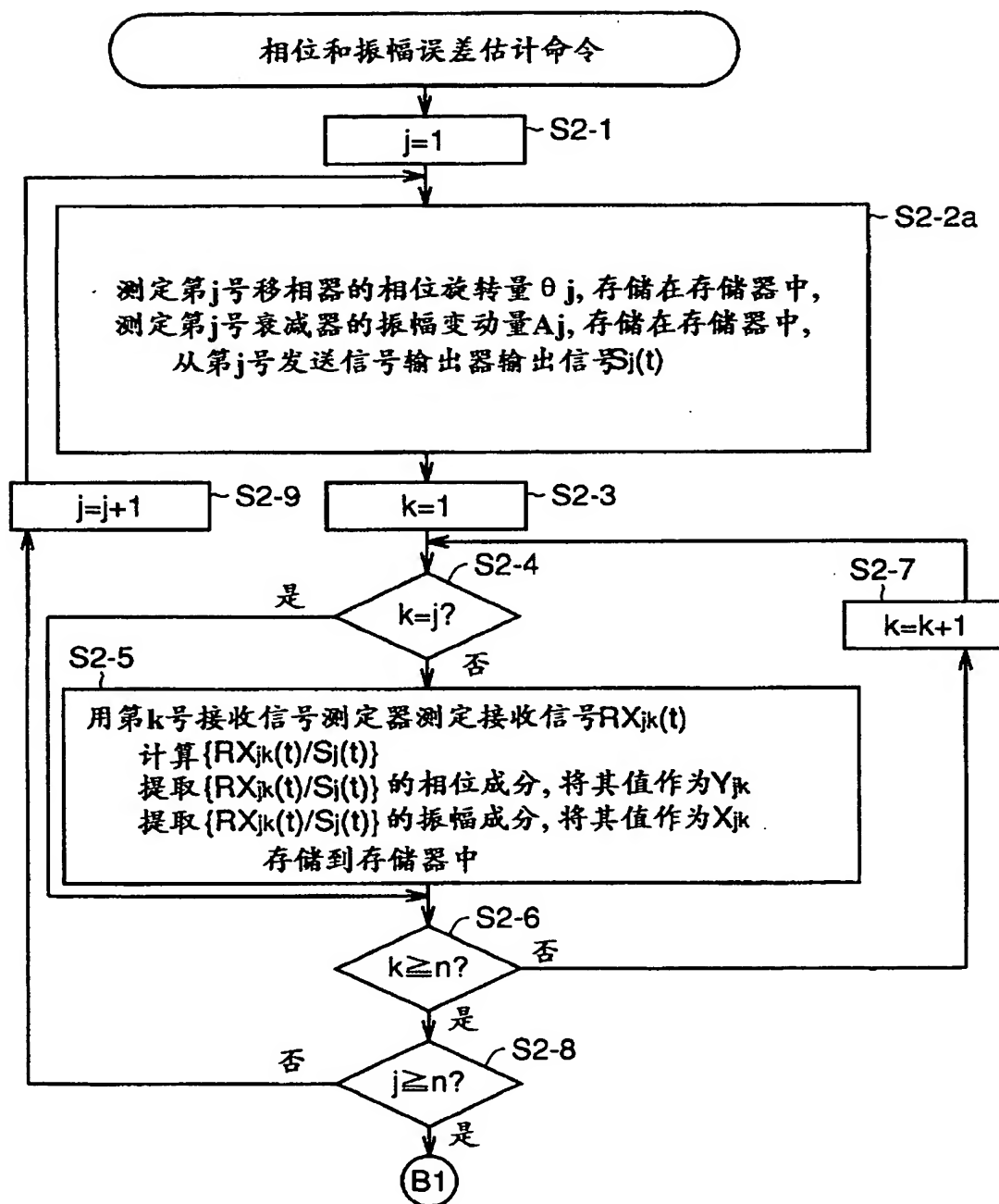


图 22

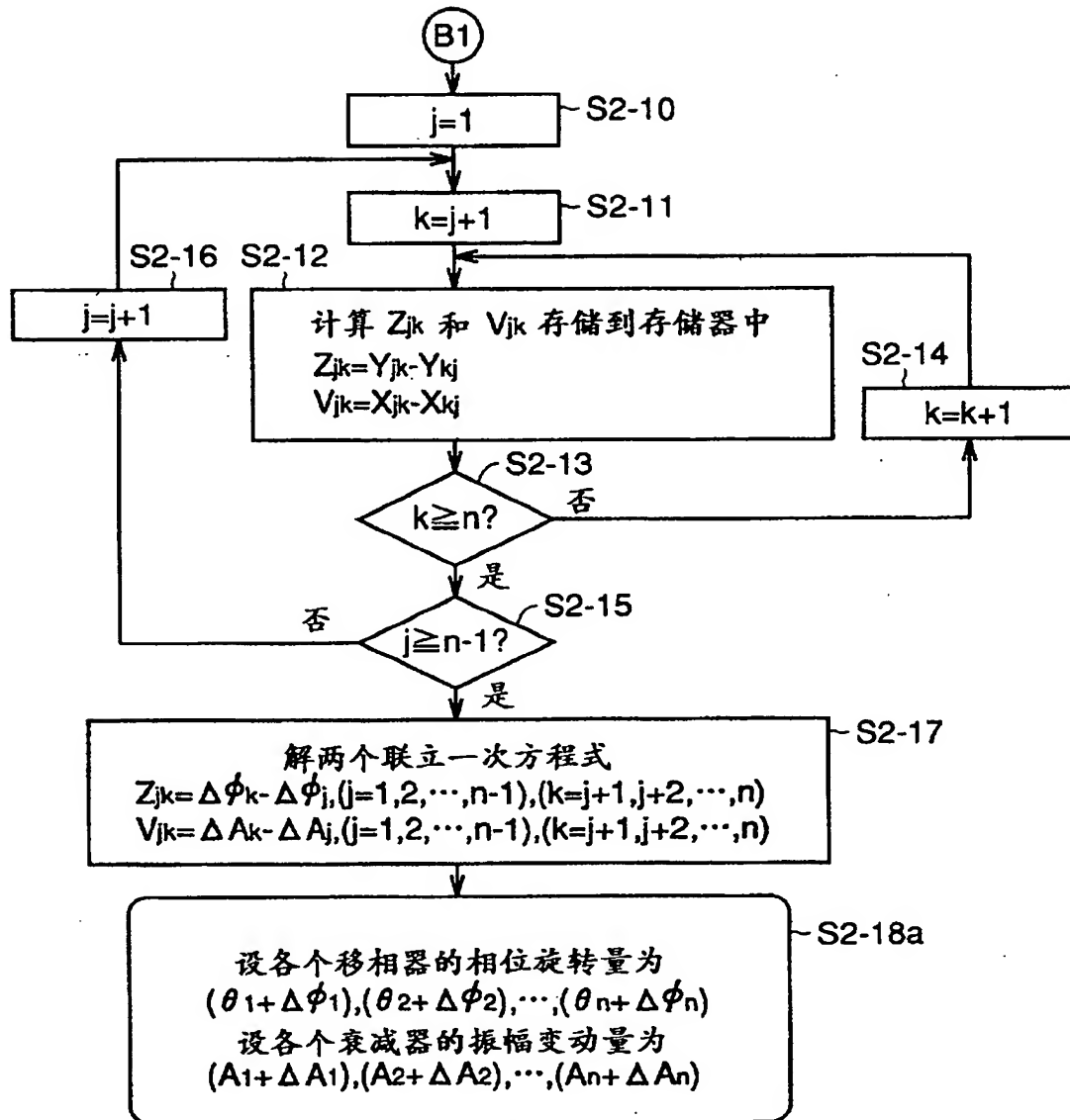


图 23

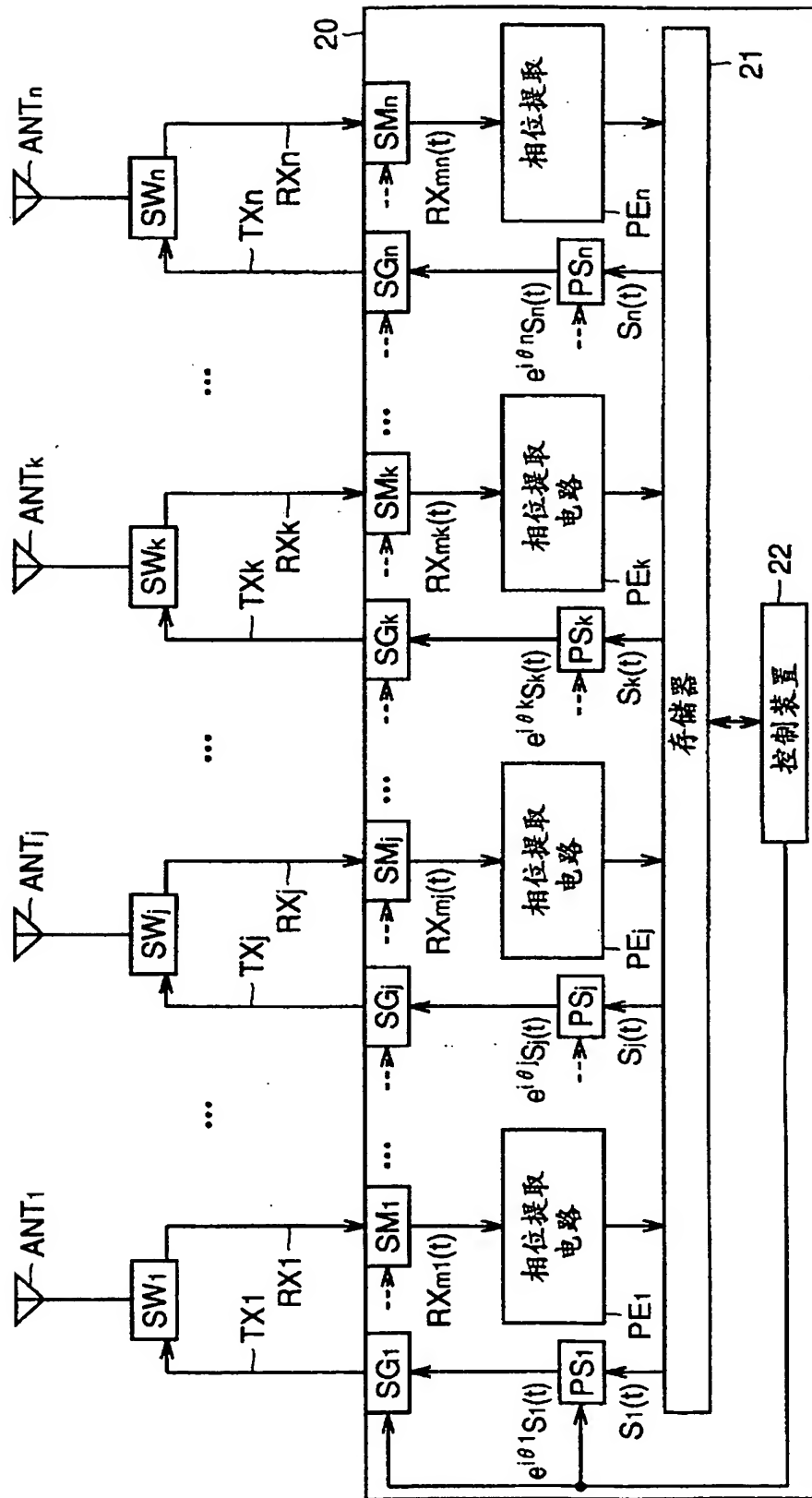


图 24

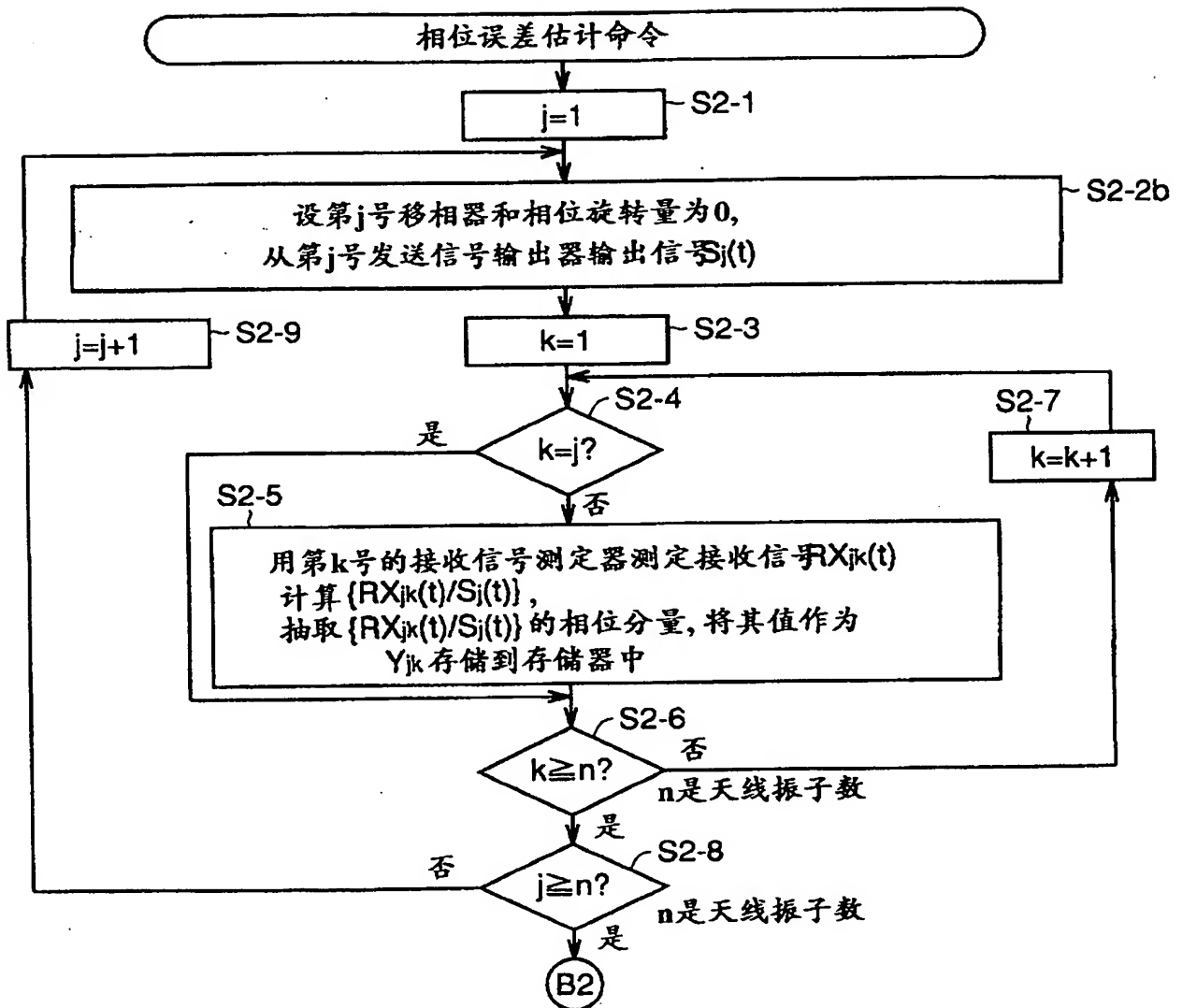


图 25

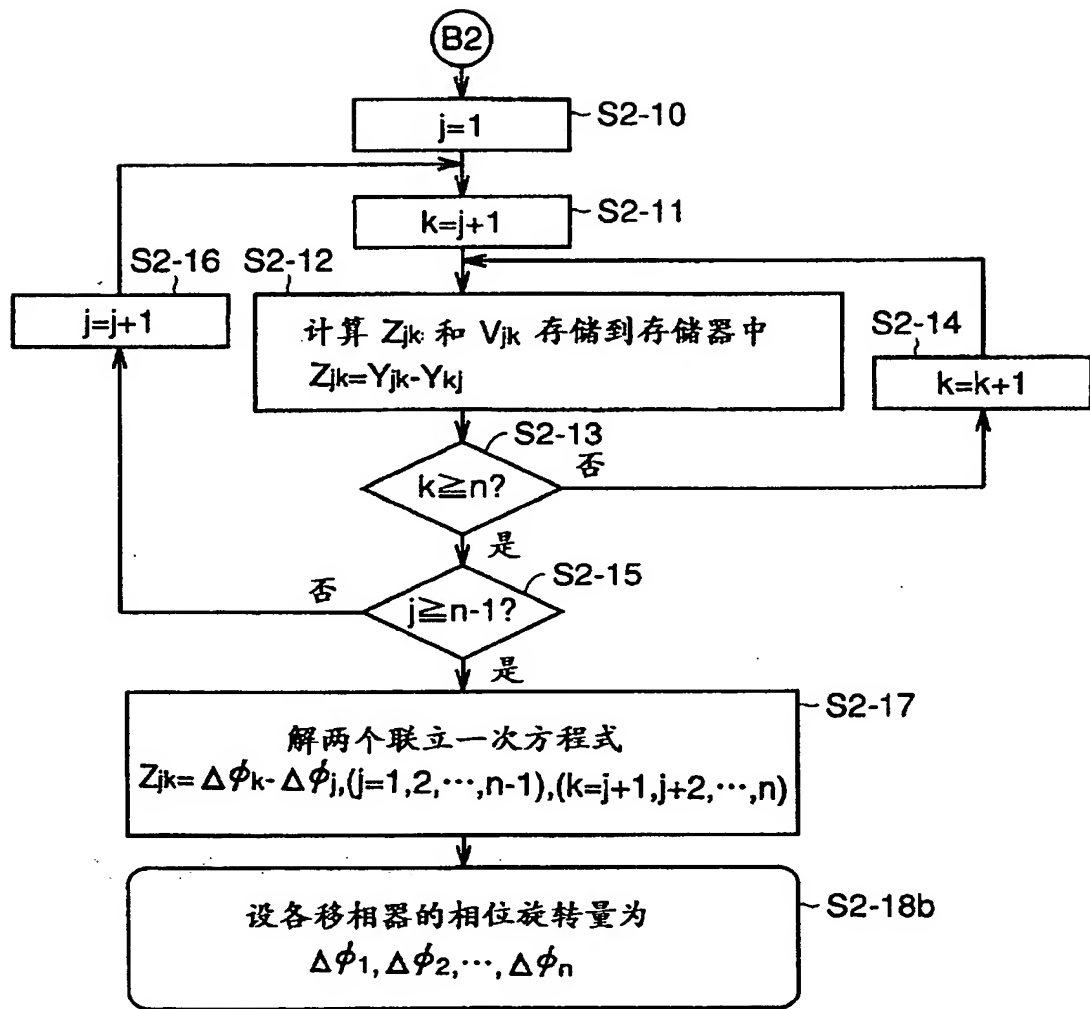


图 26

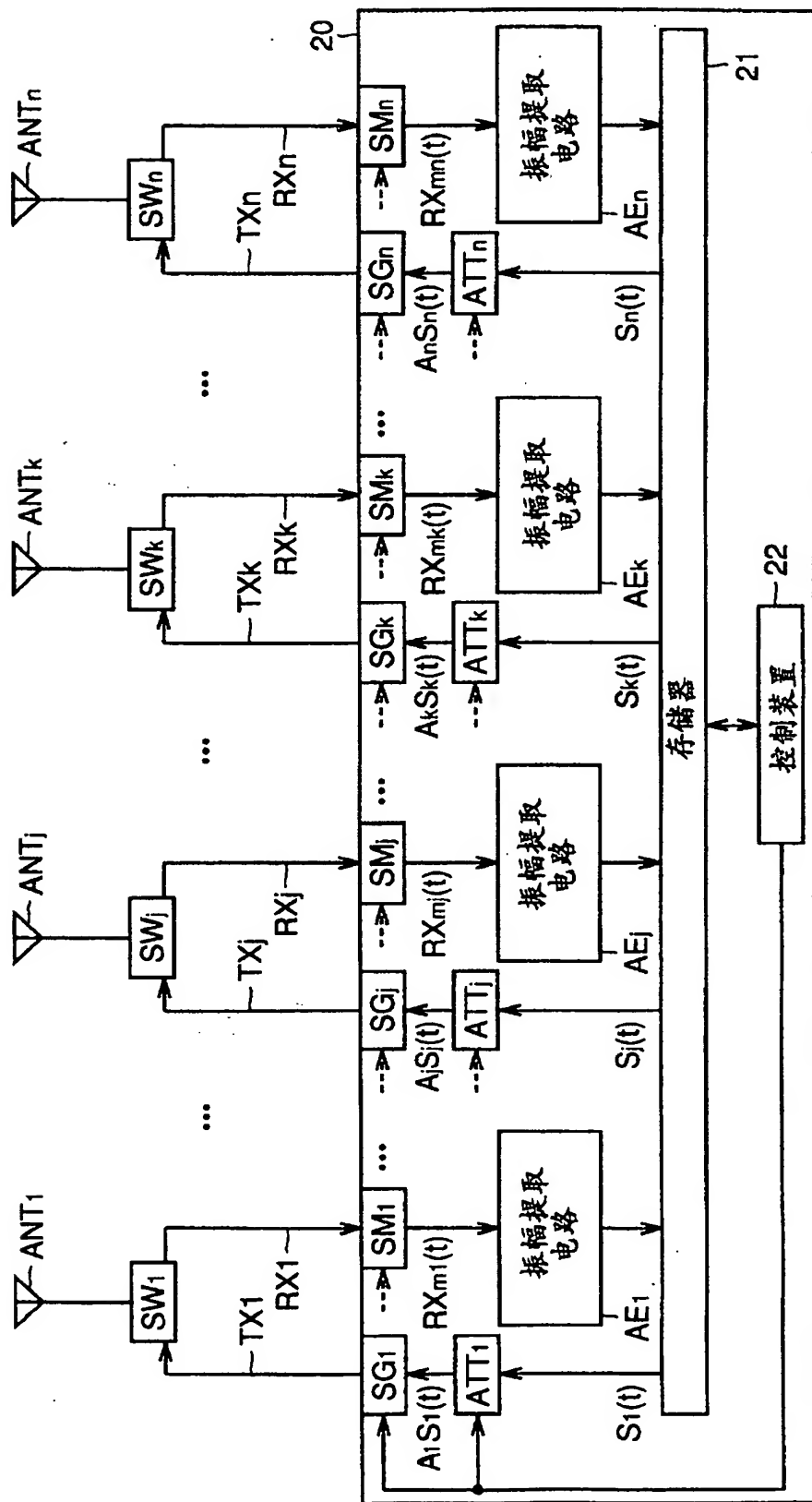


图 27

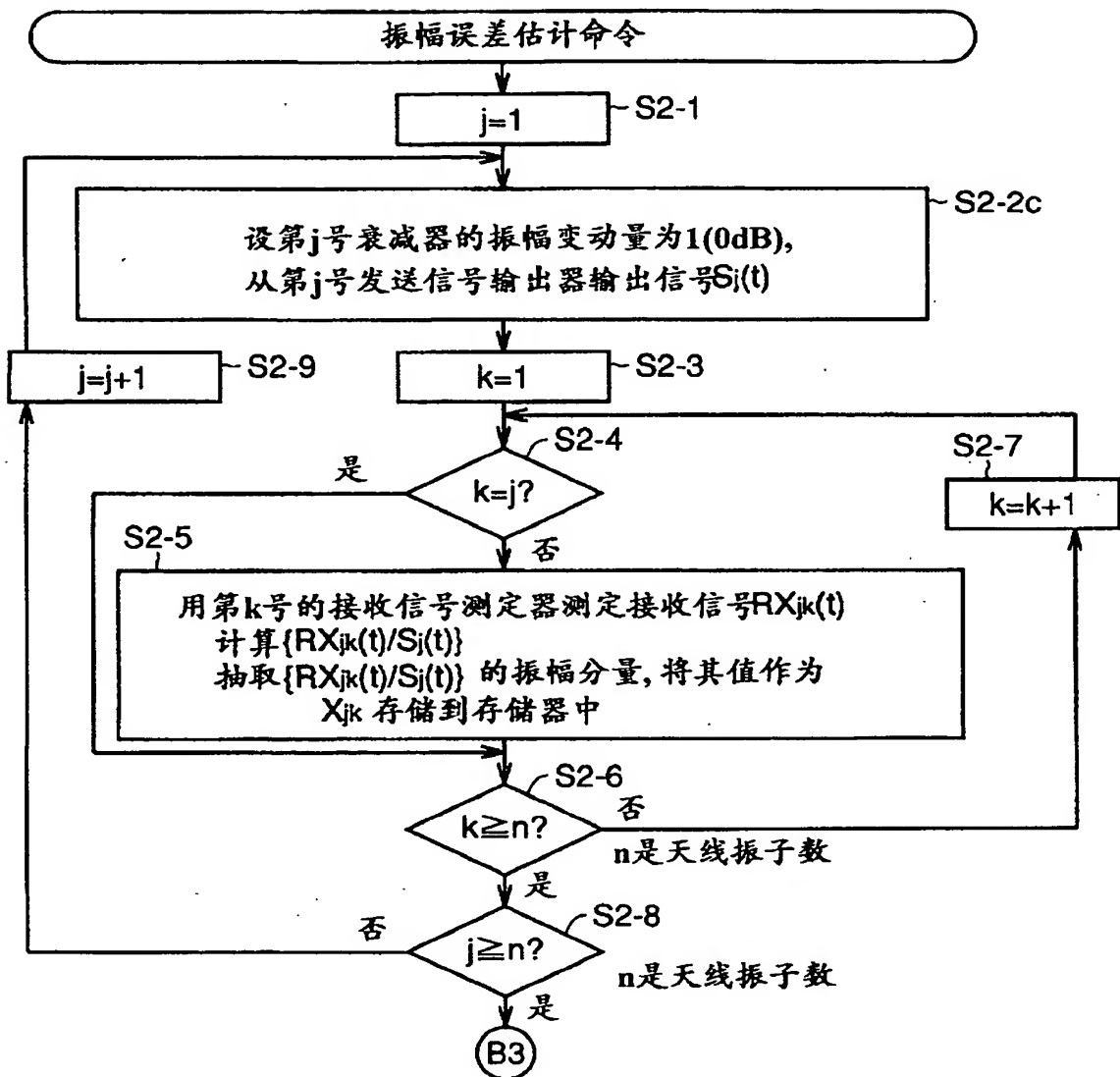


图 28

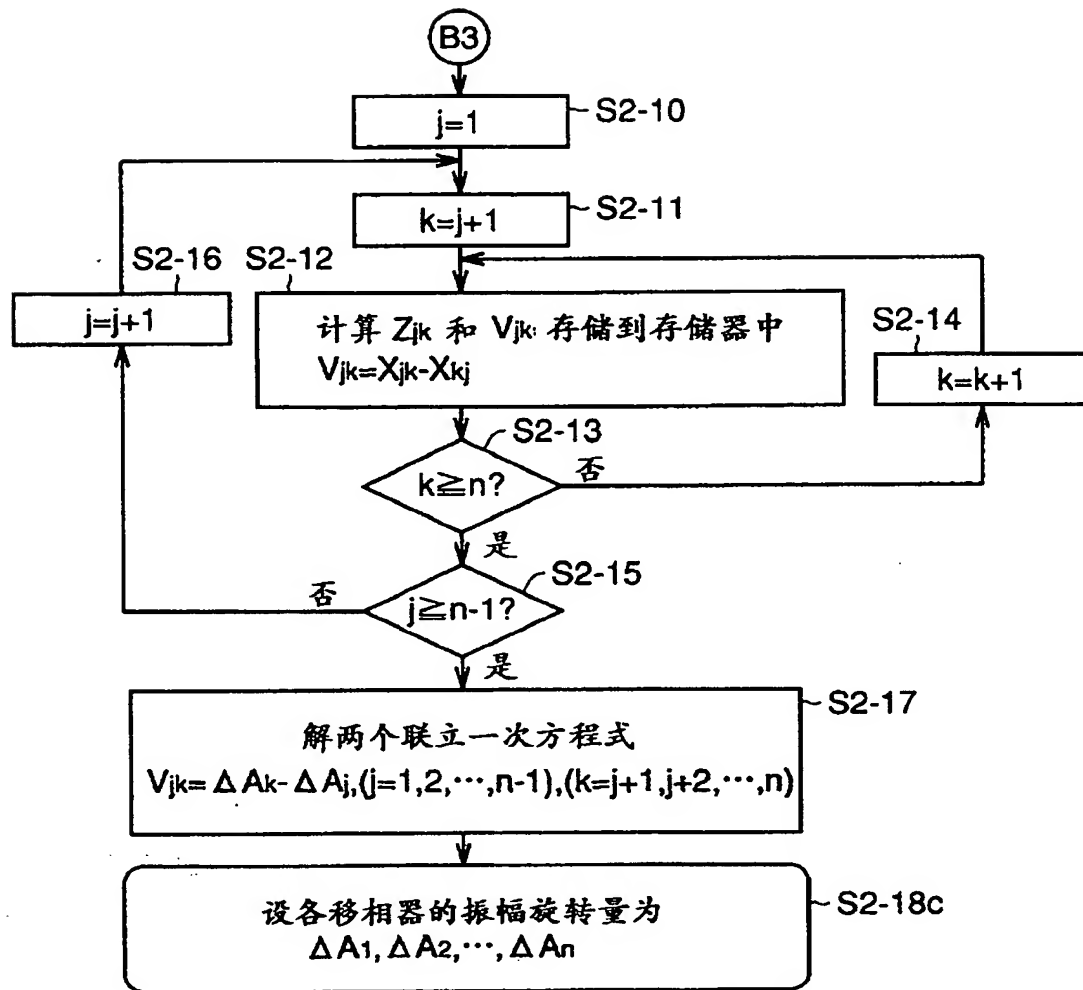


图 29

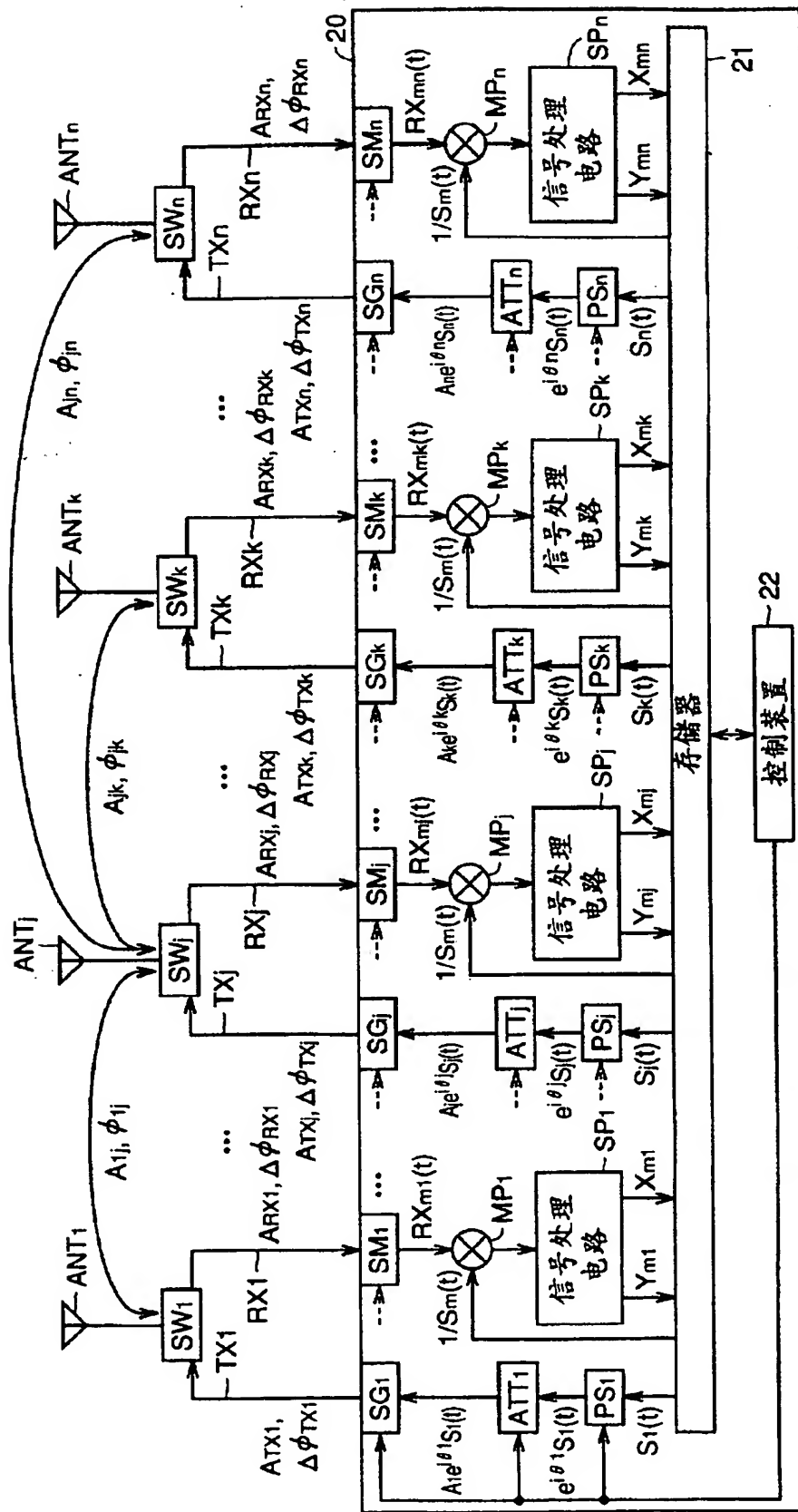


图 30

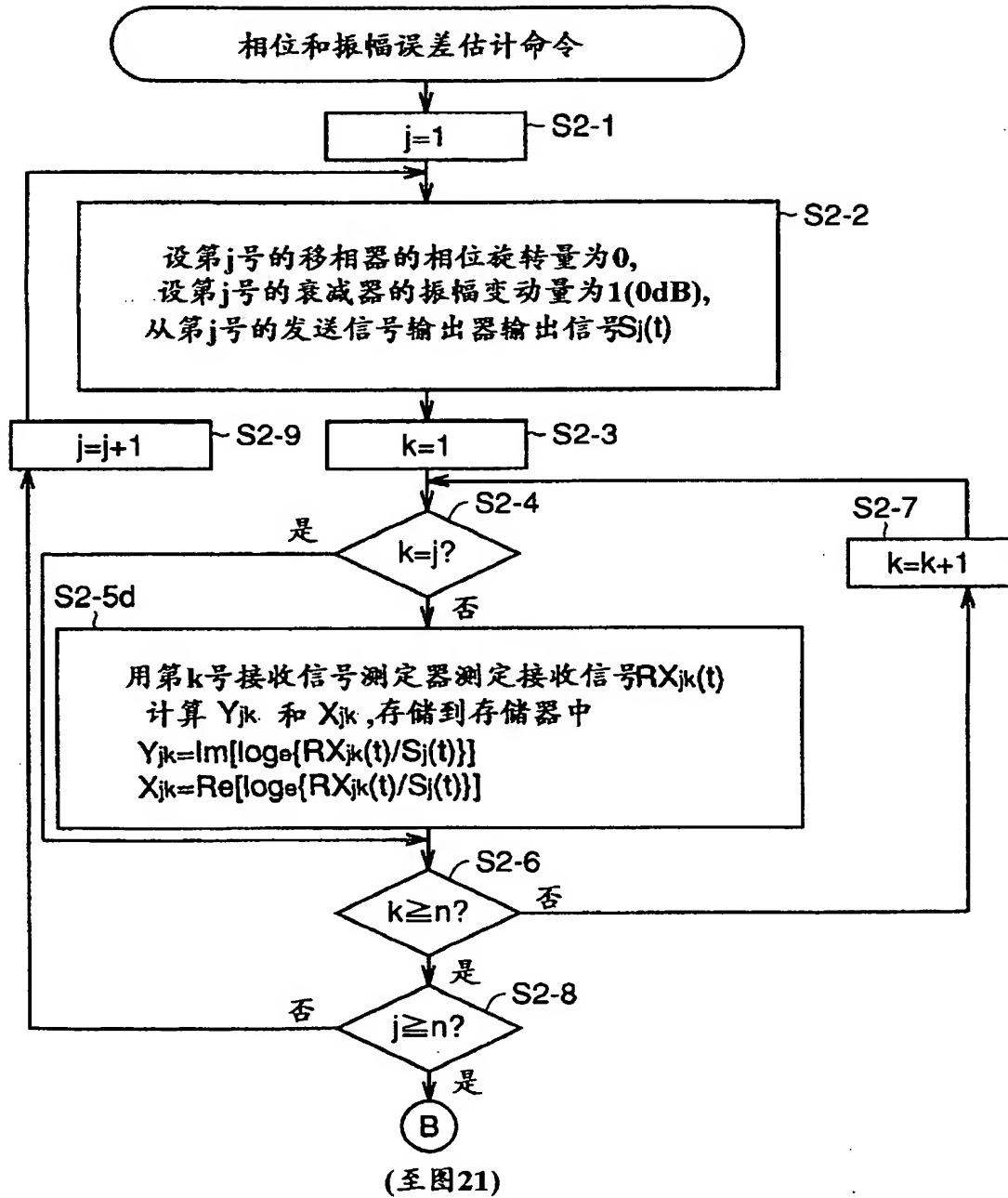


图 31

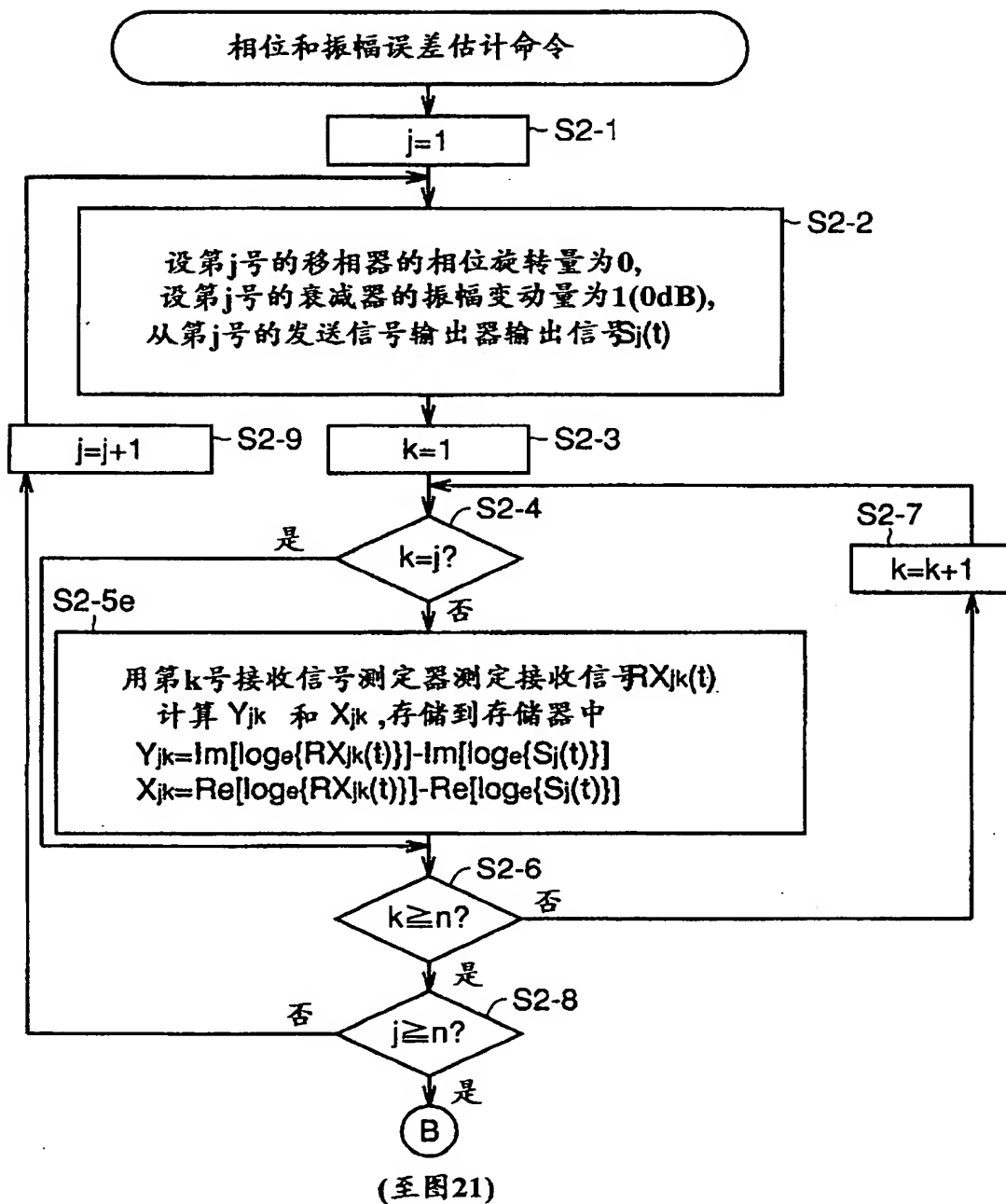
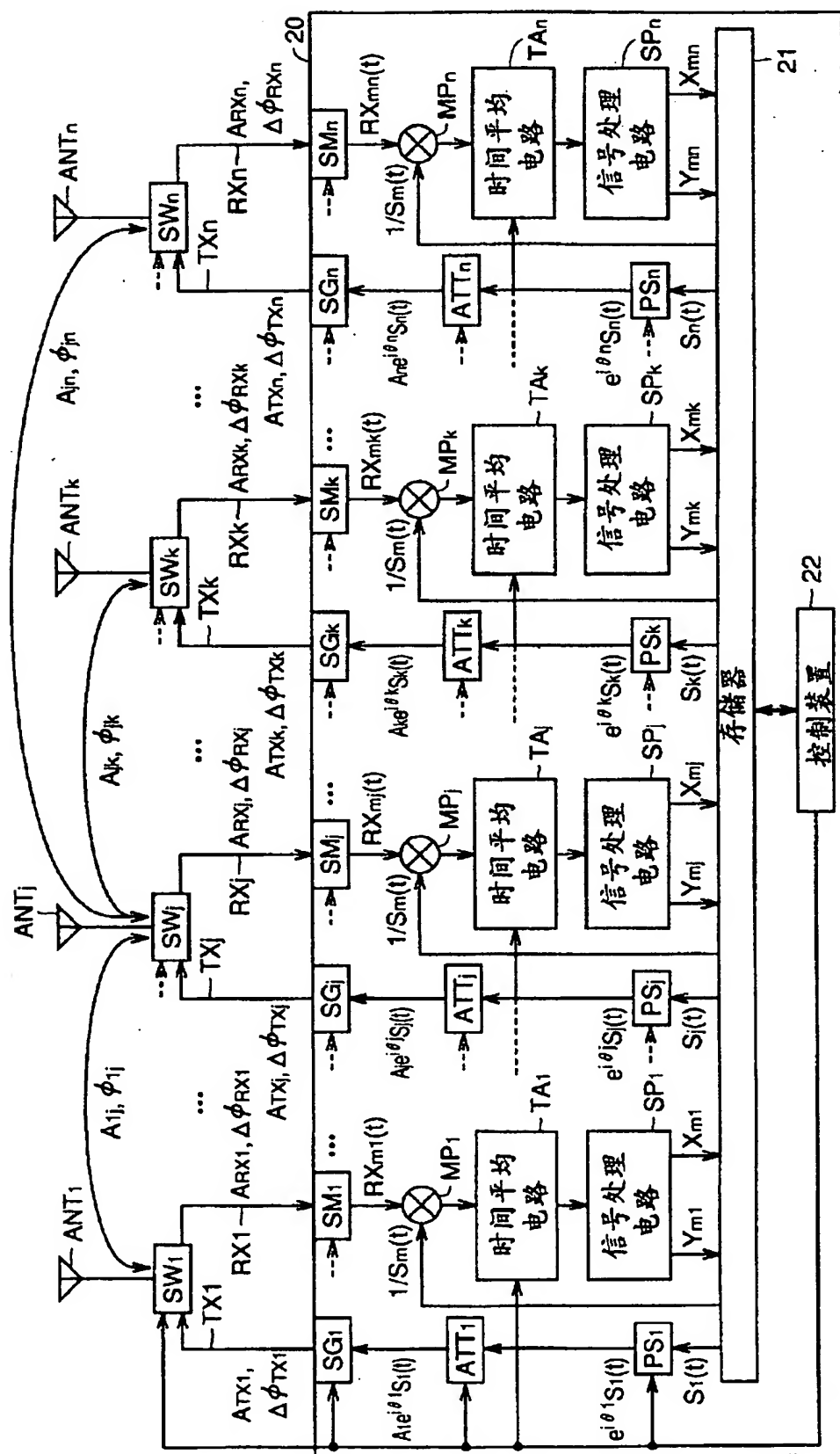


图 33



34

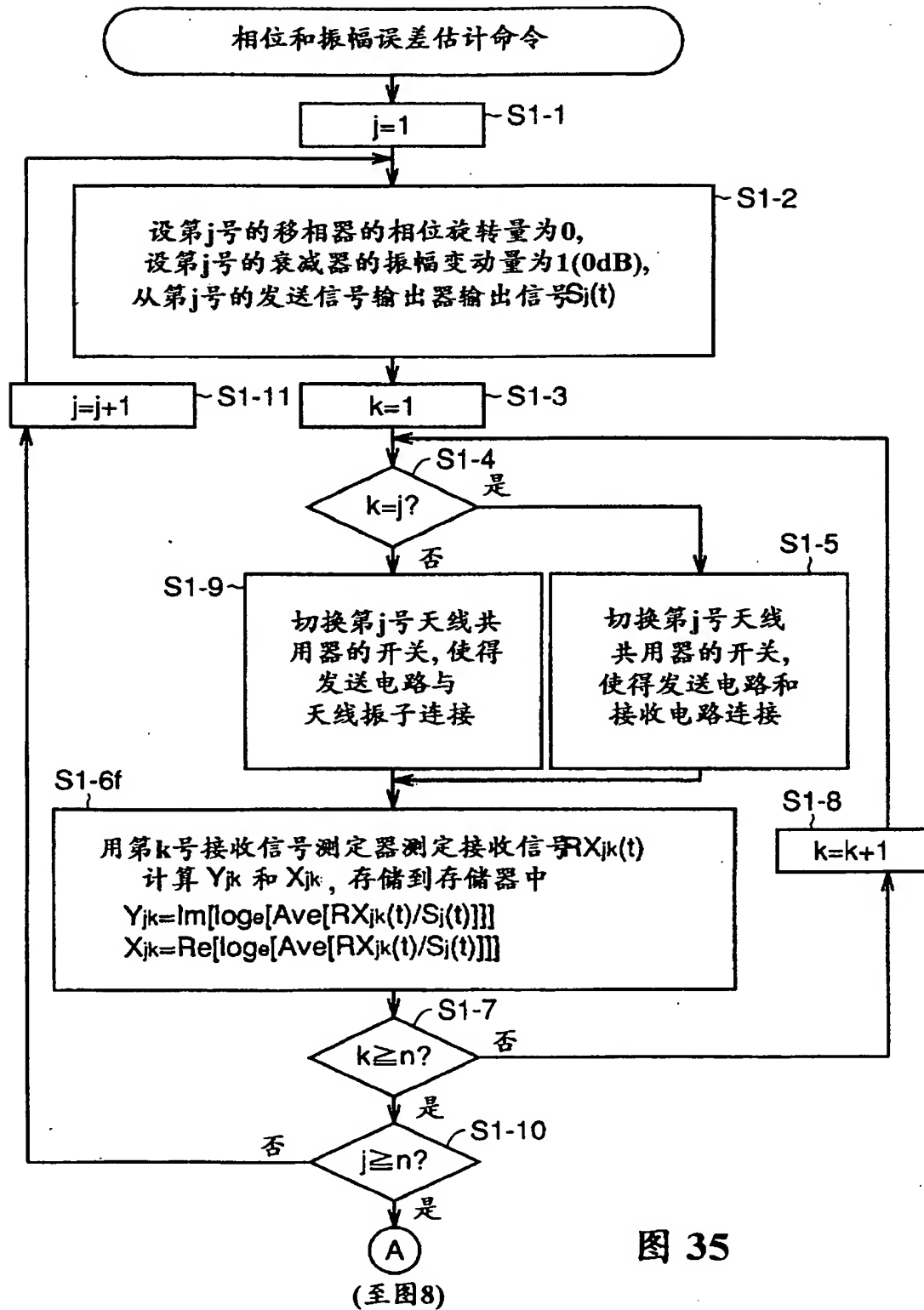


图 35

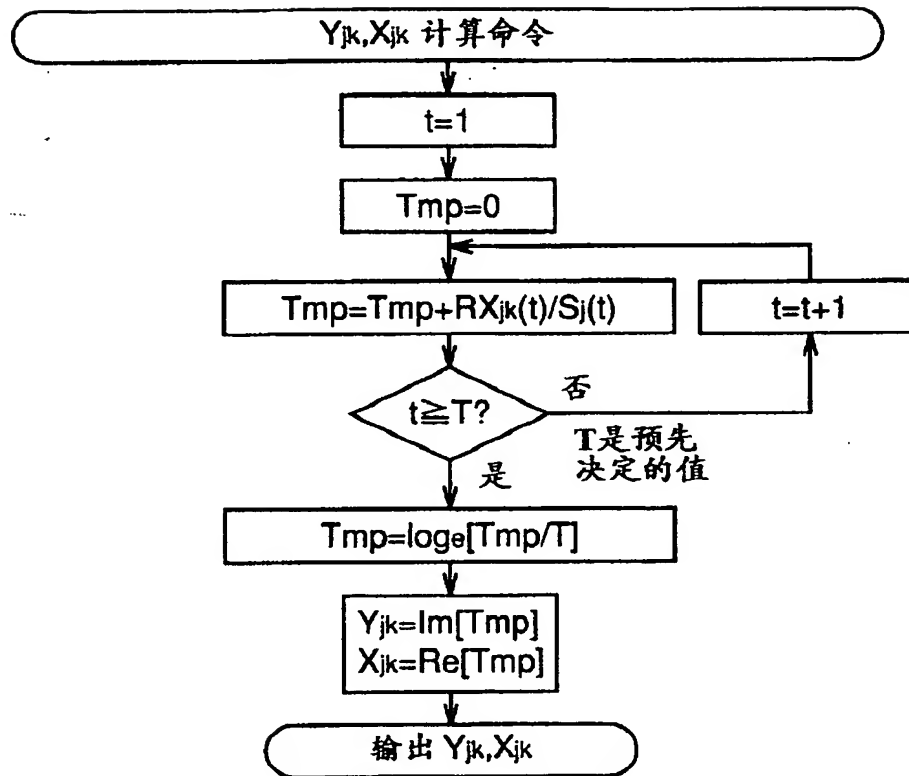


图 36

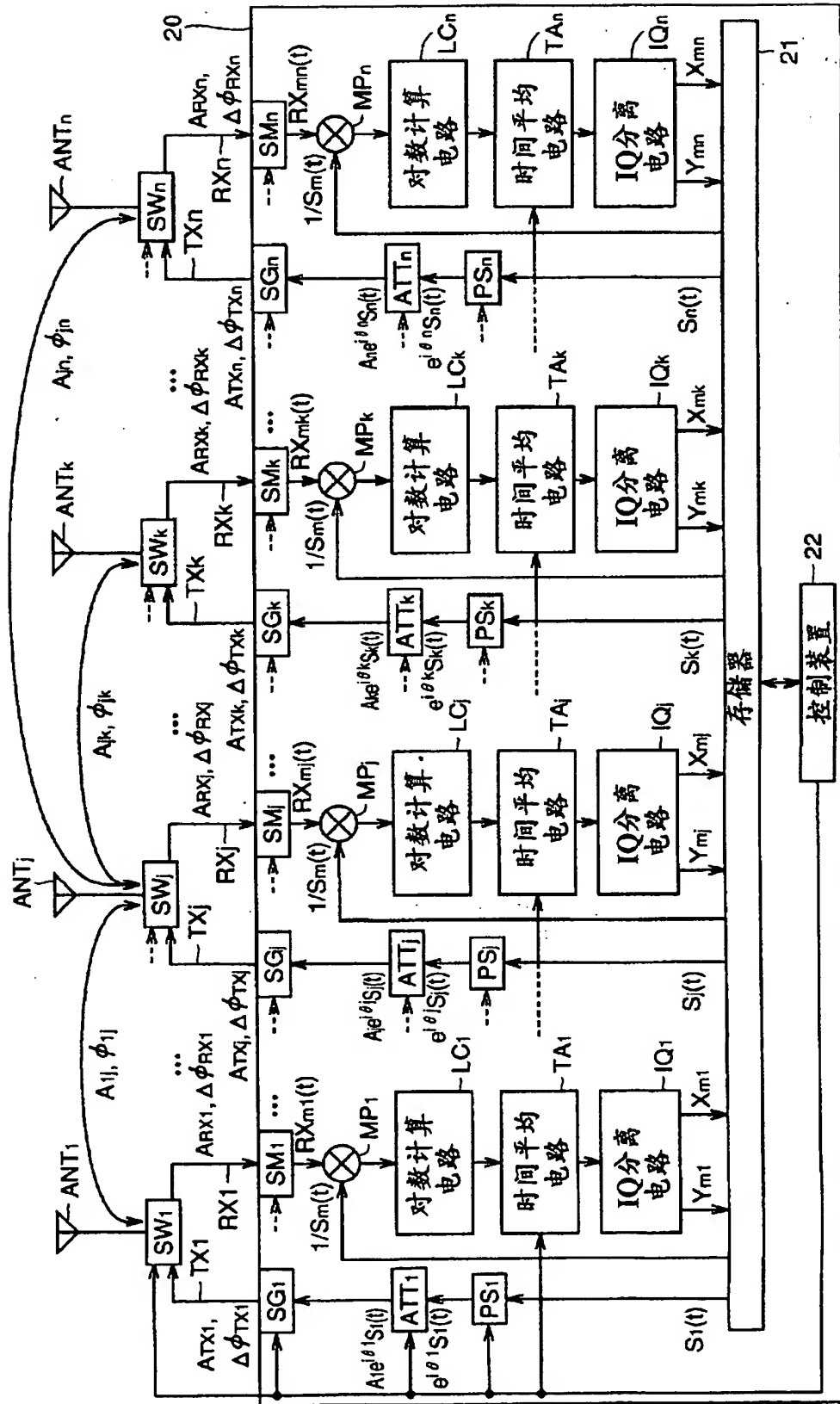


图 38

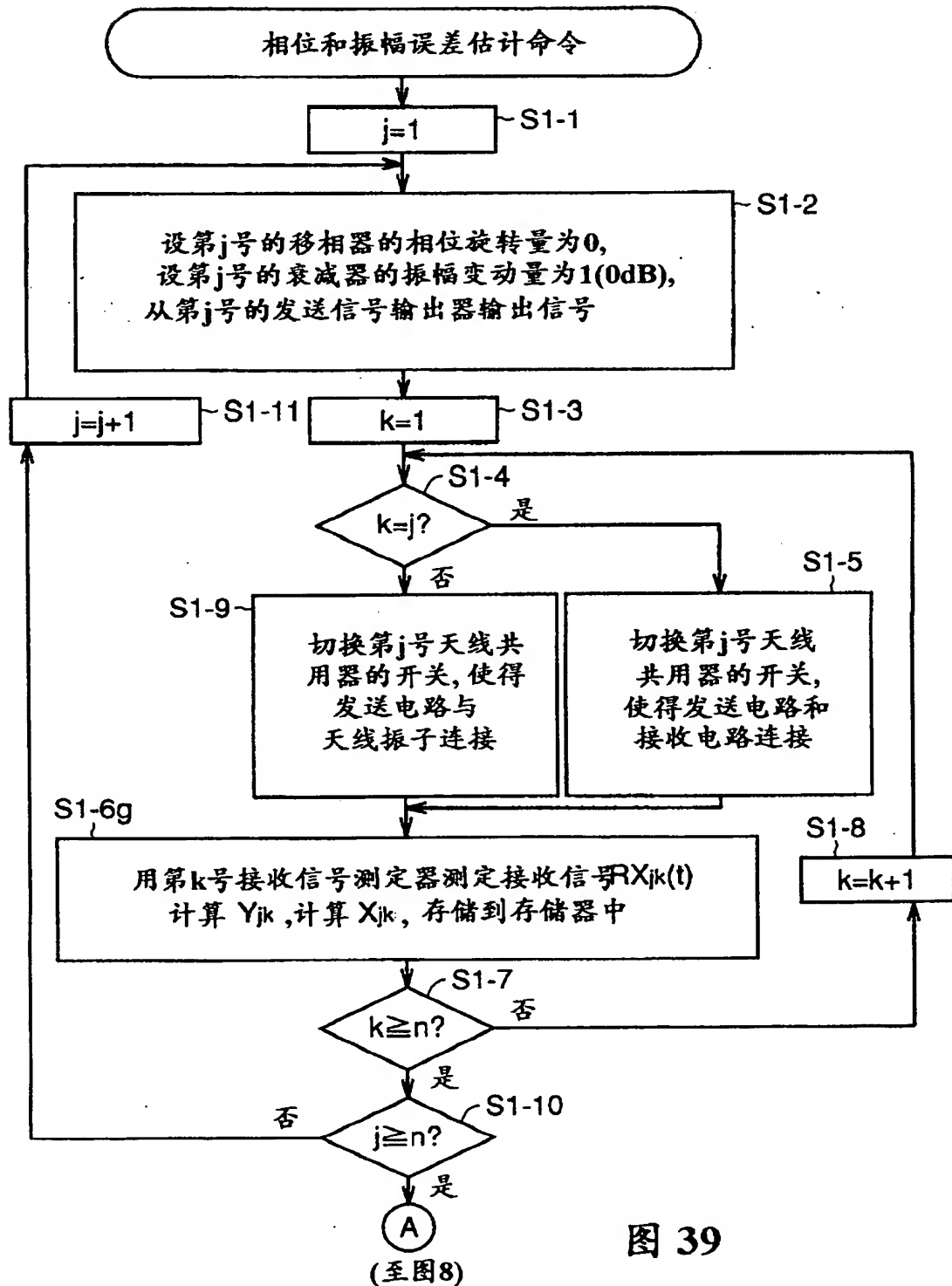


图 39

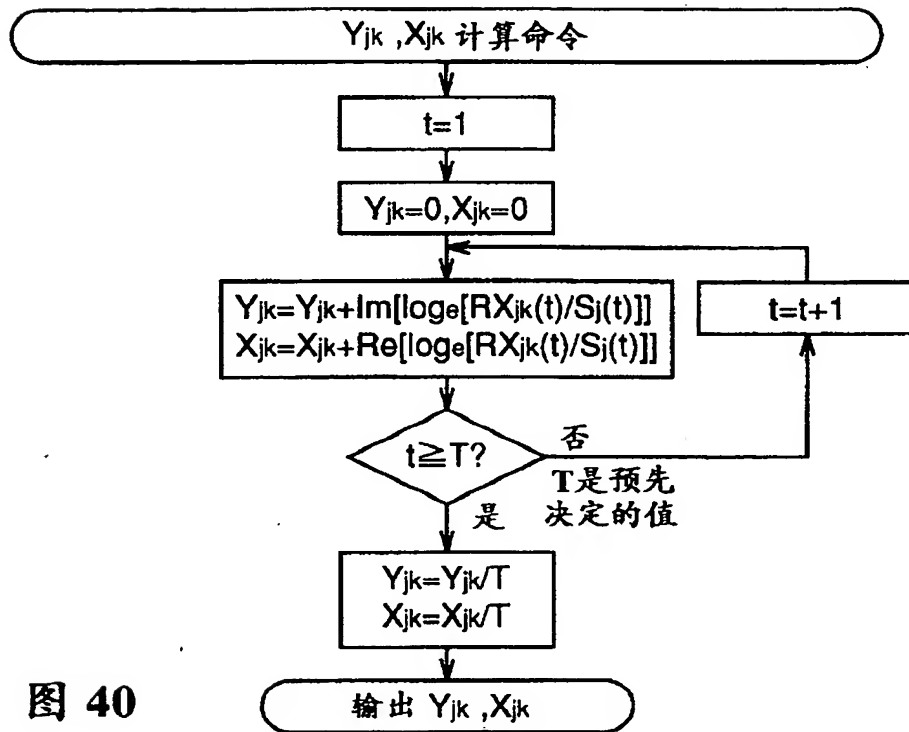


图 40

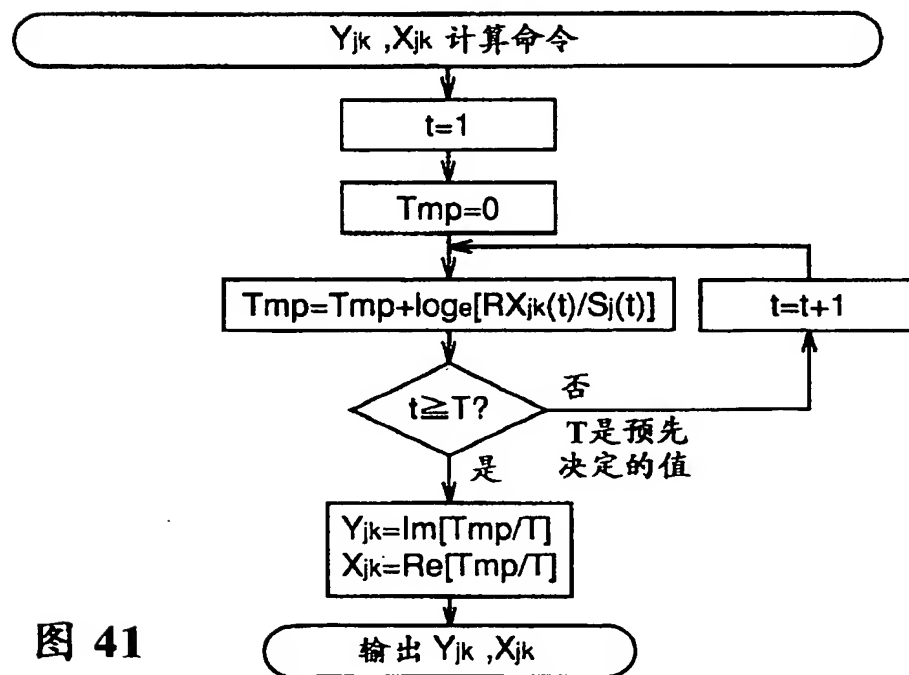
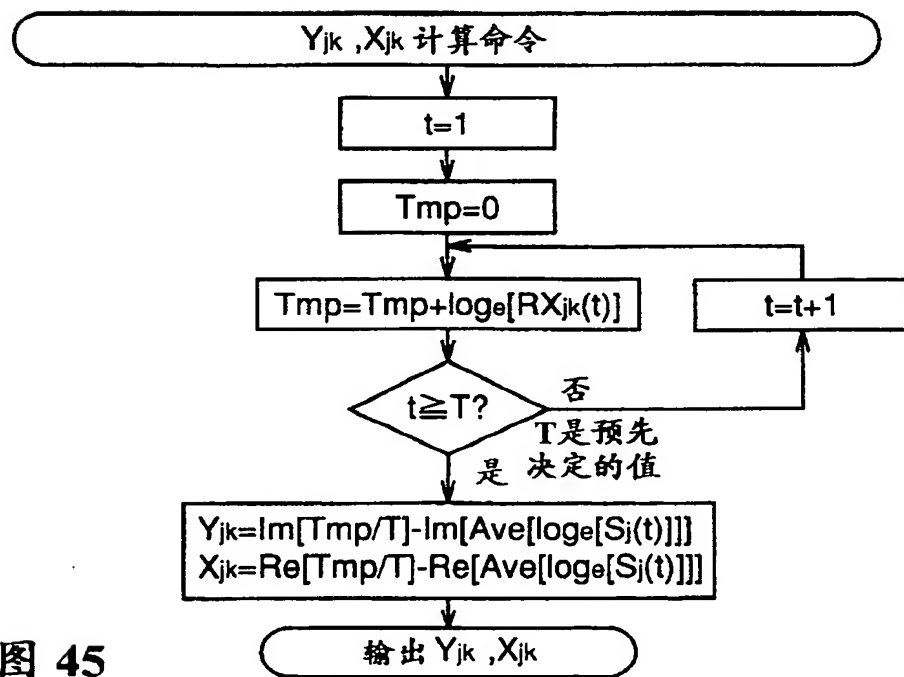
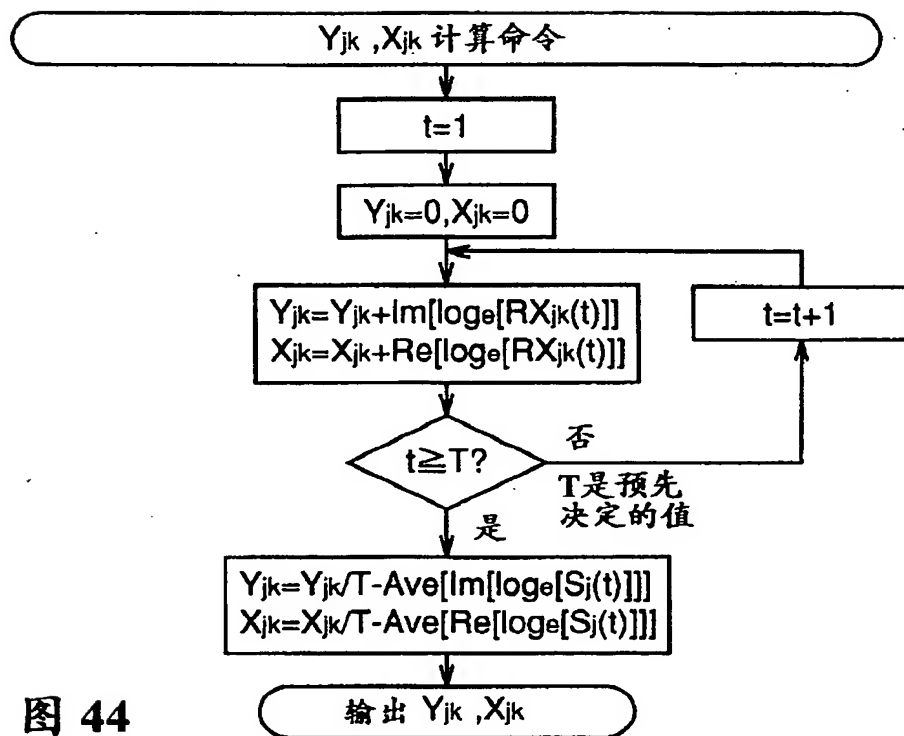


图 41



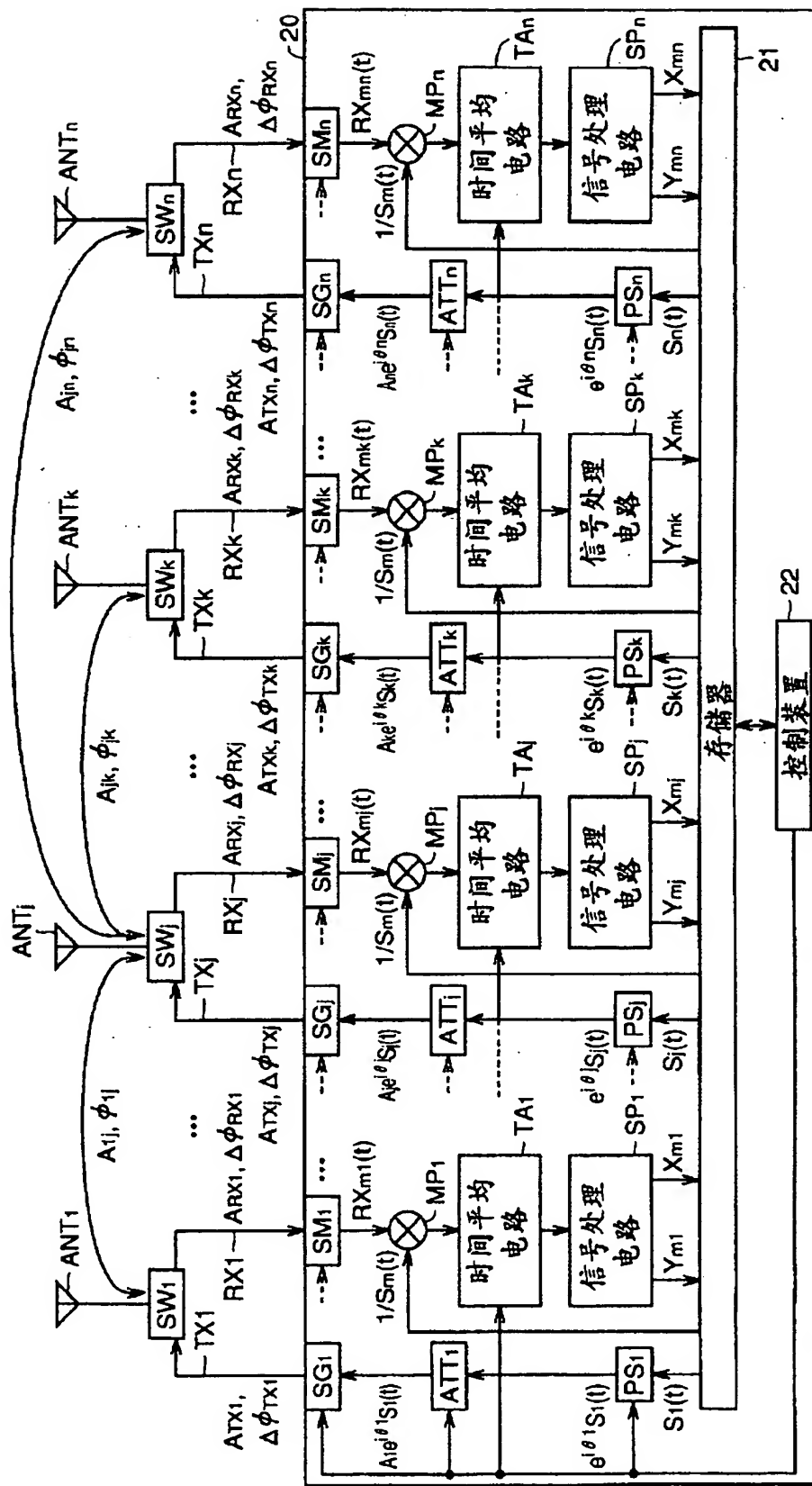


图 46

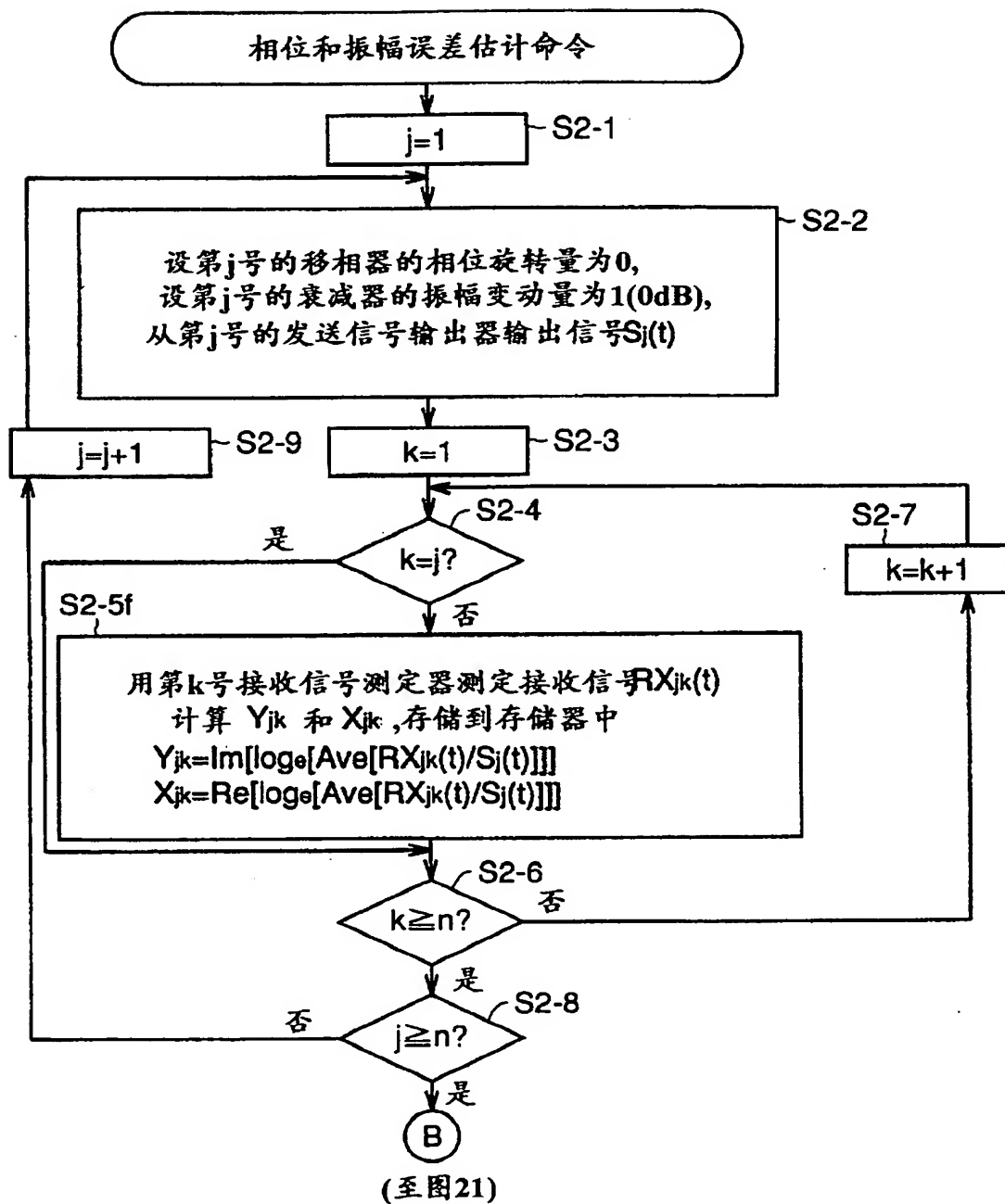


图 47

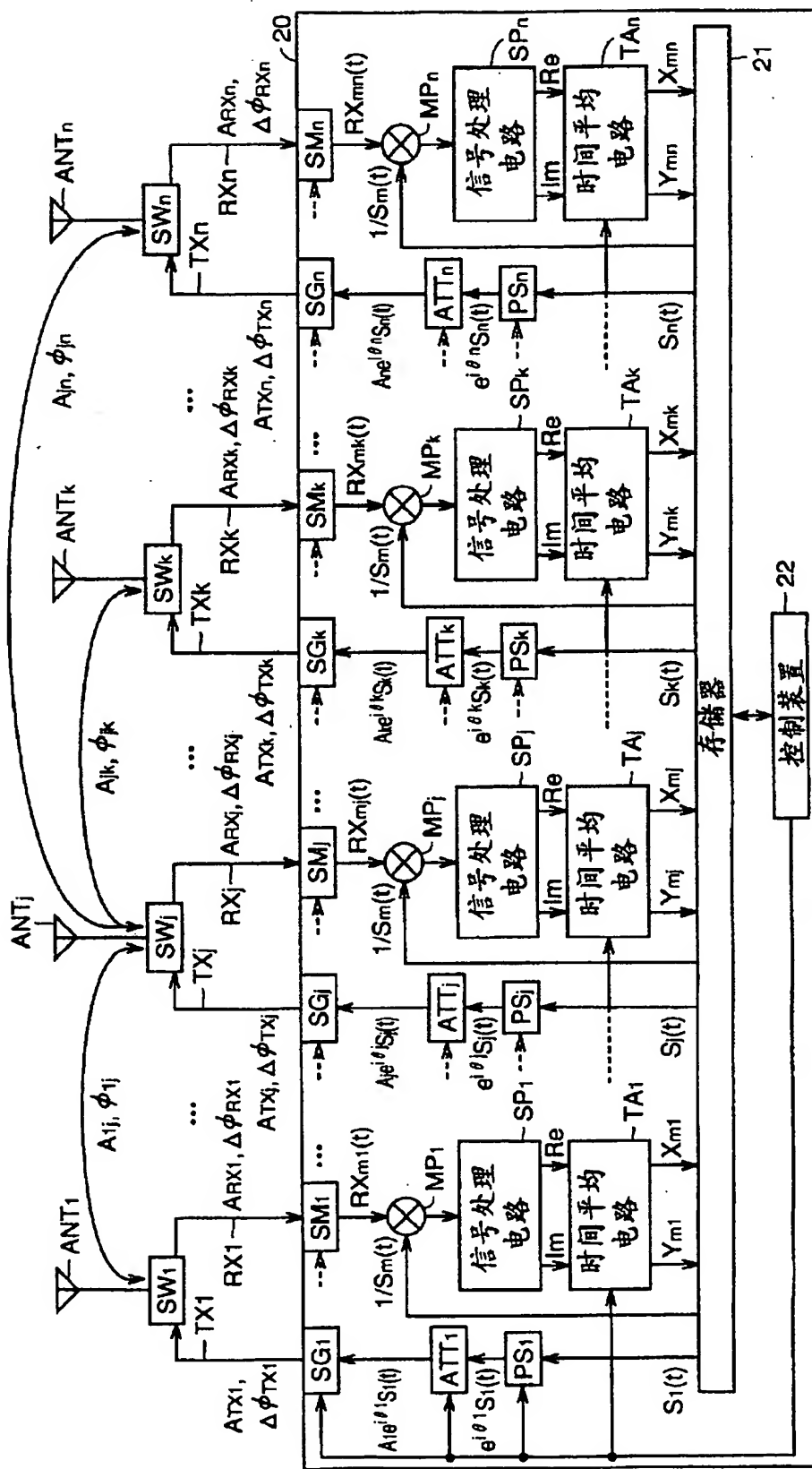


图 48

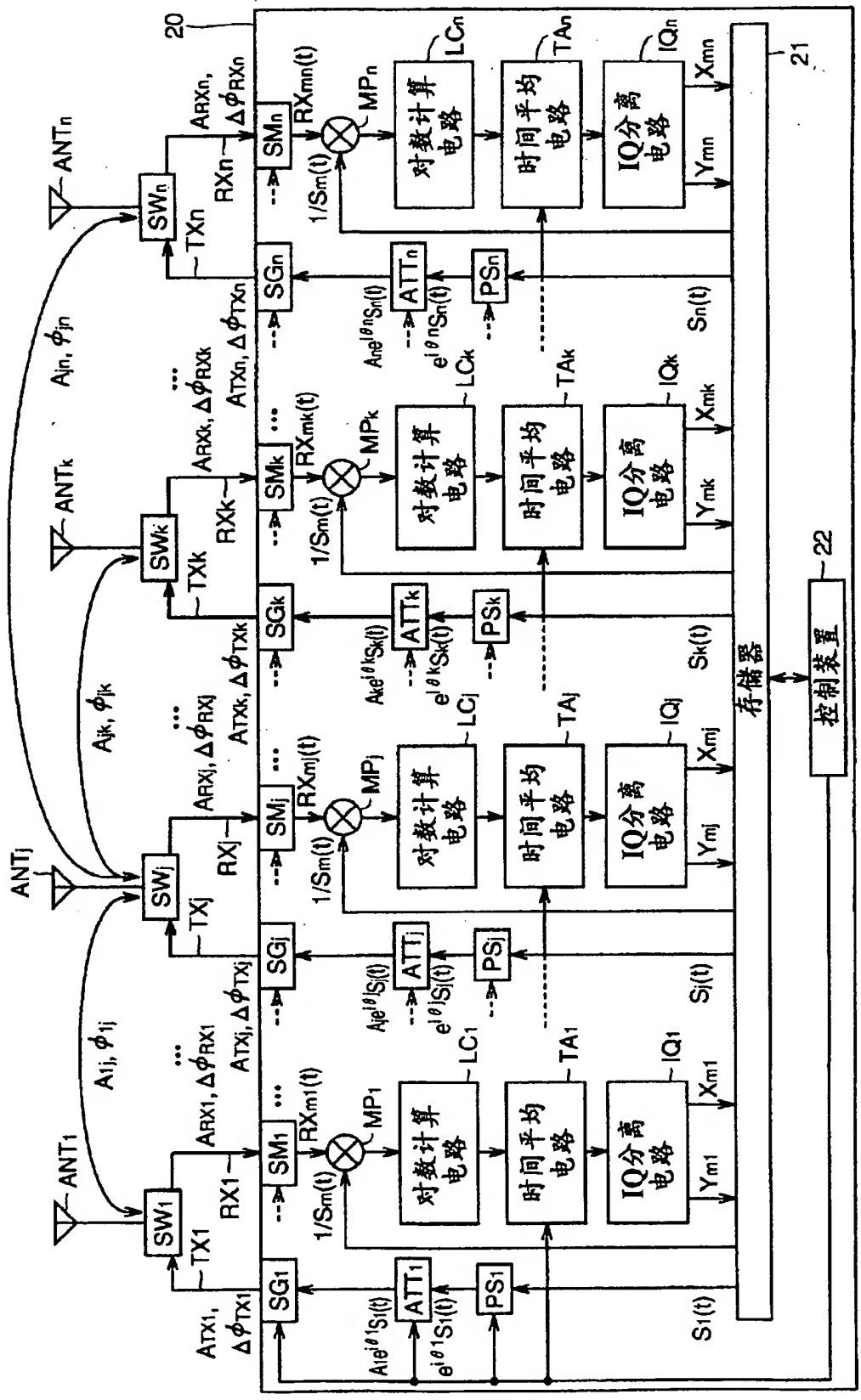


图 49

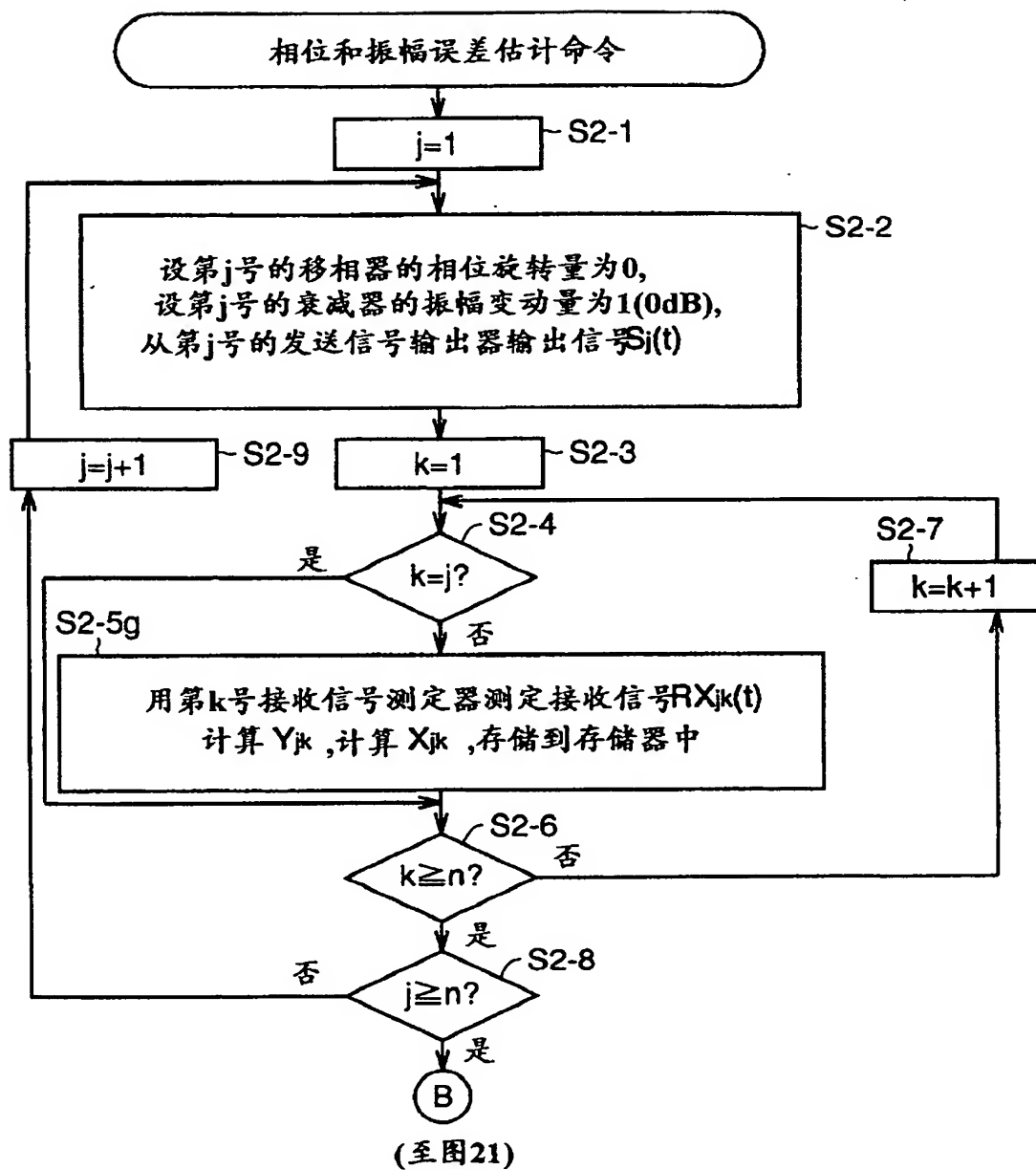


图 50

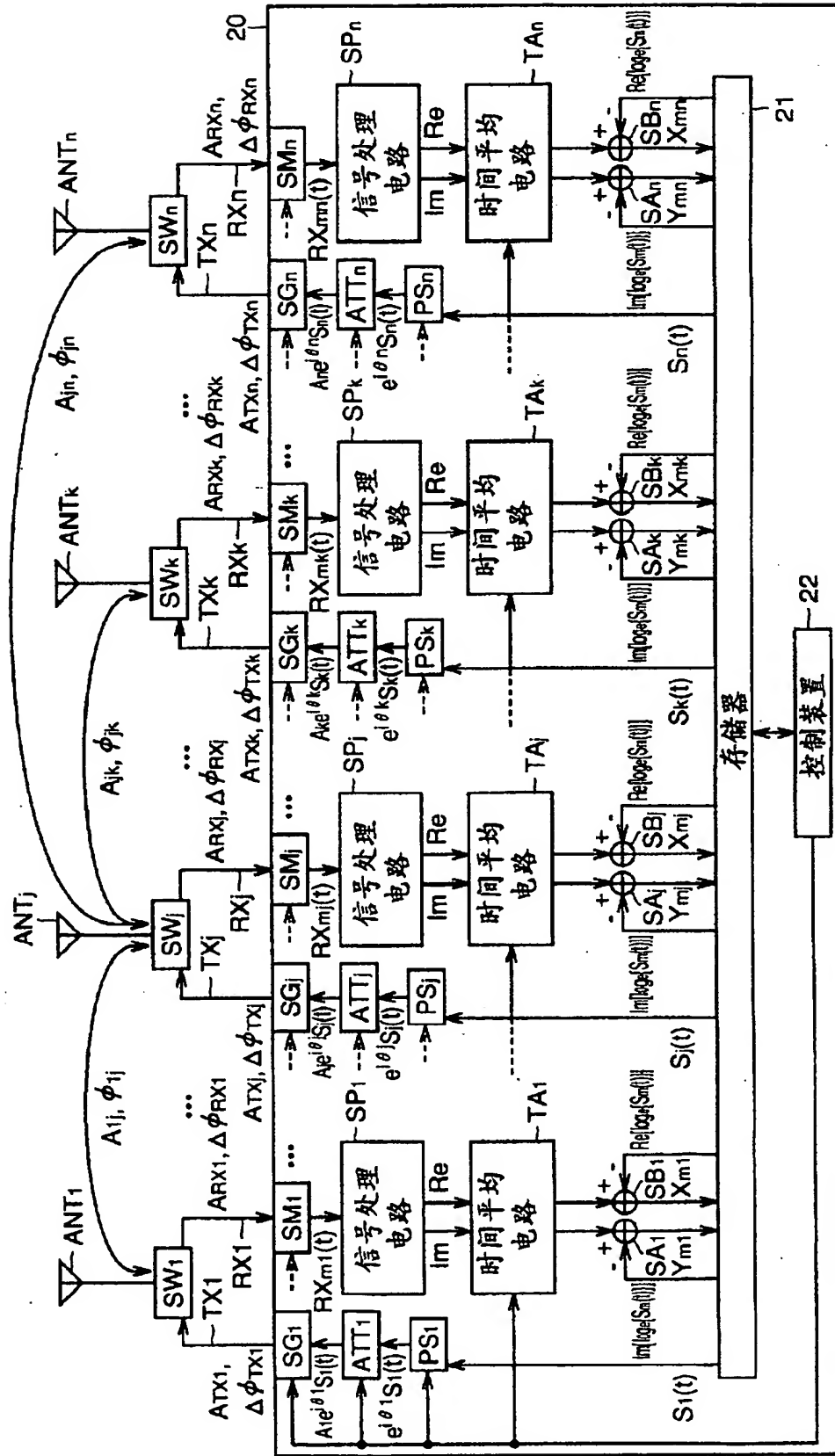


图 51

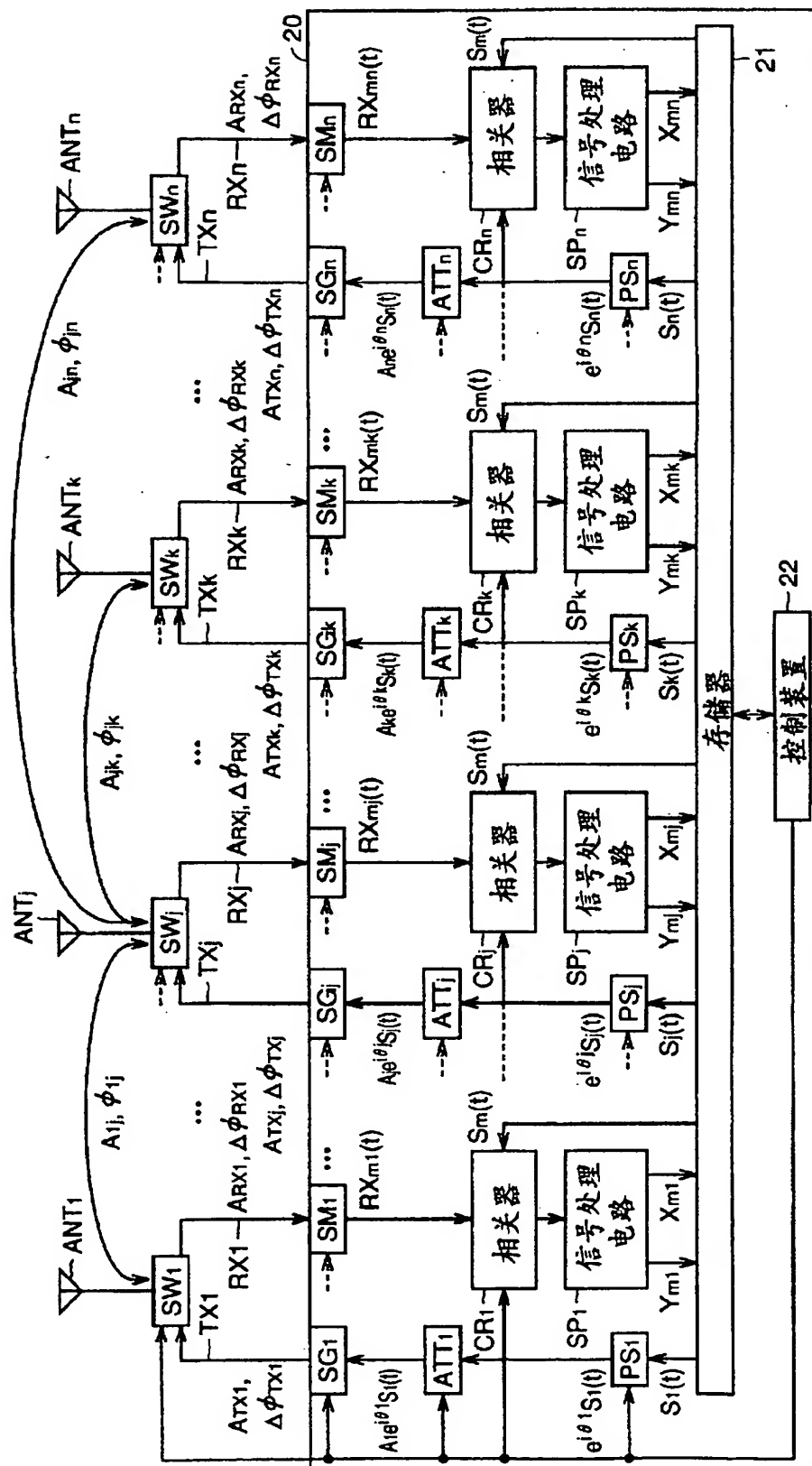


图 53

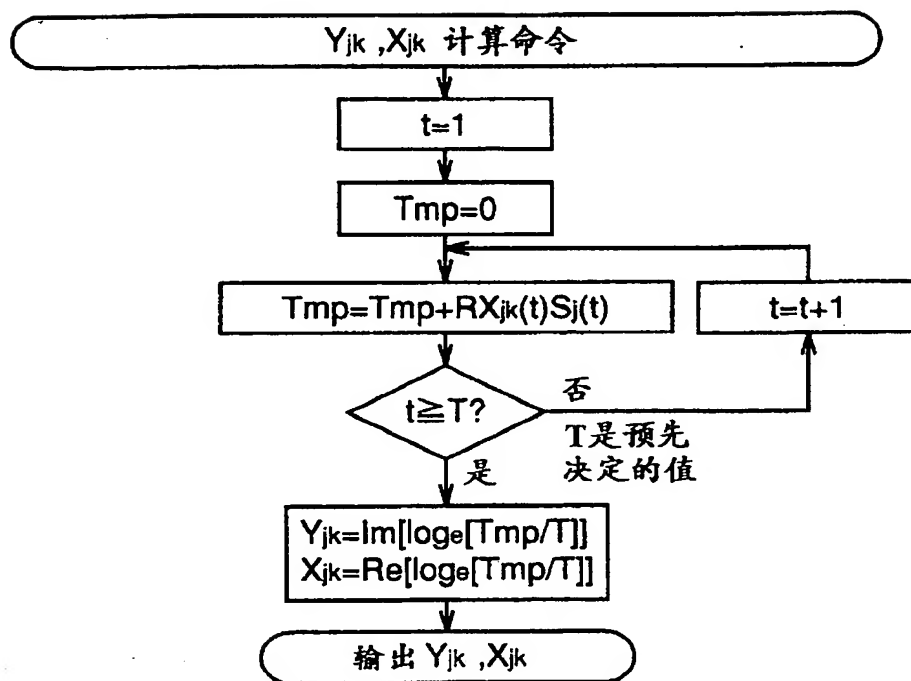


图 54

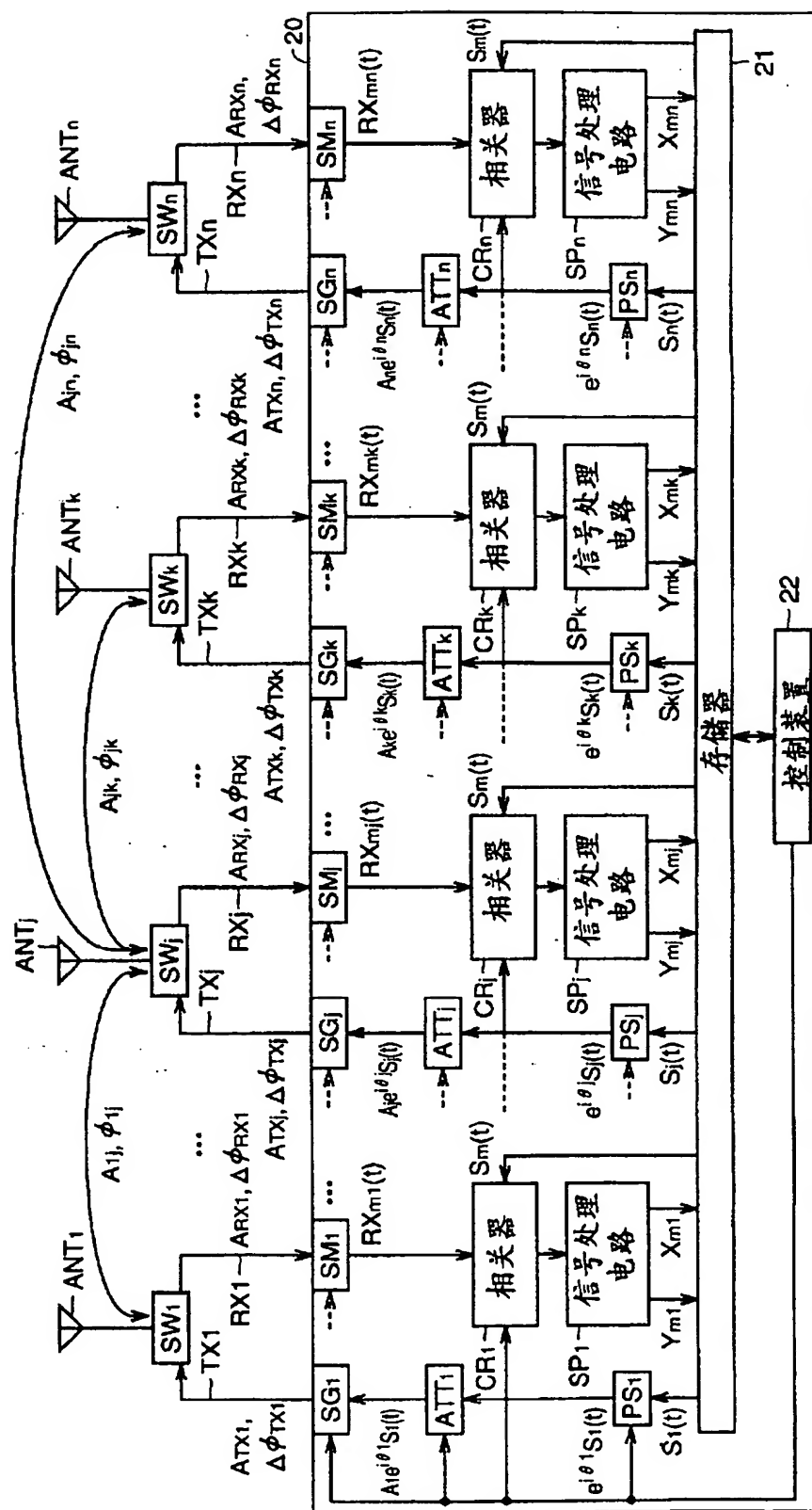


图 55

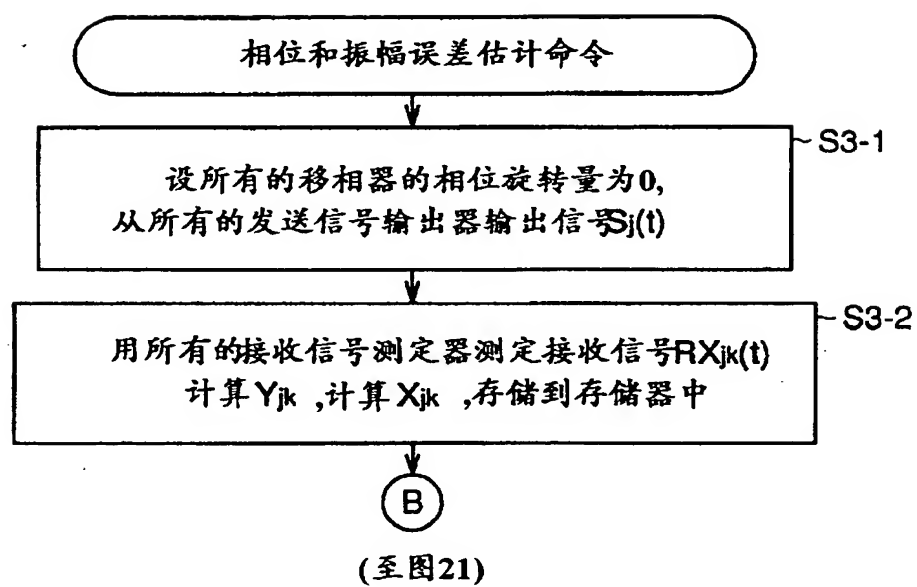


图 56

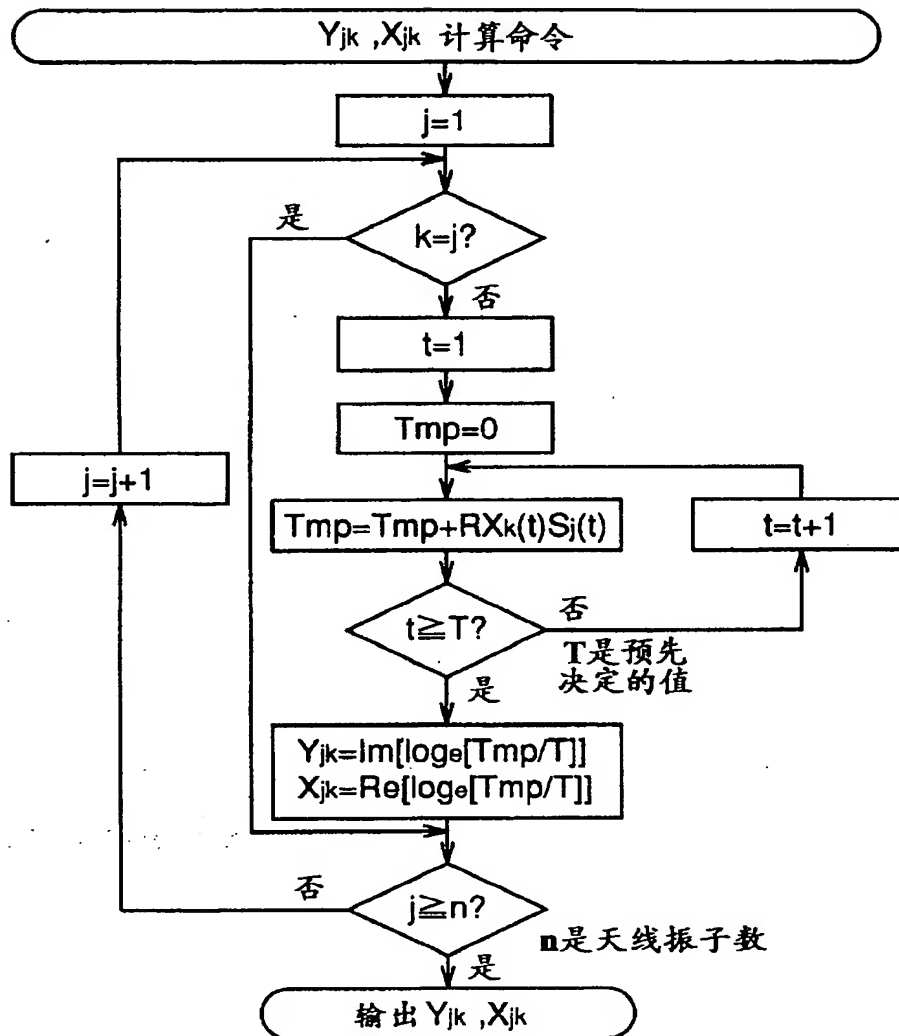


图 57

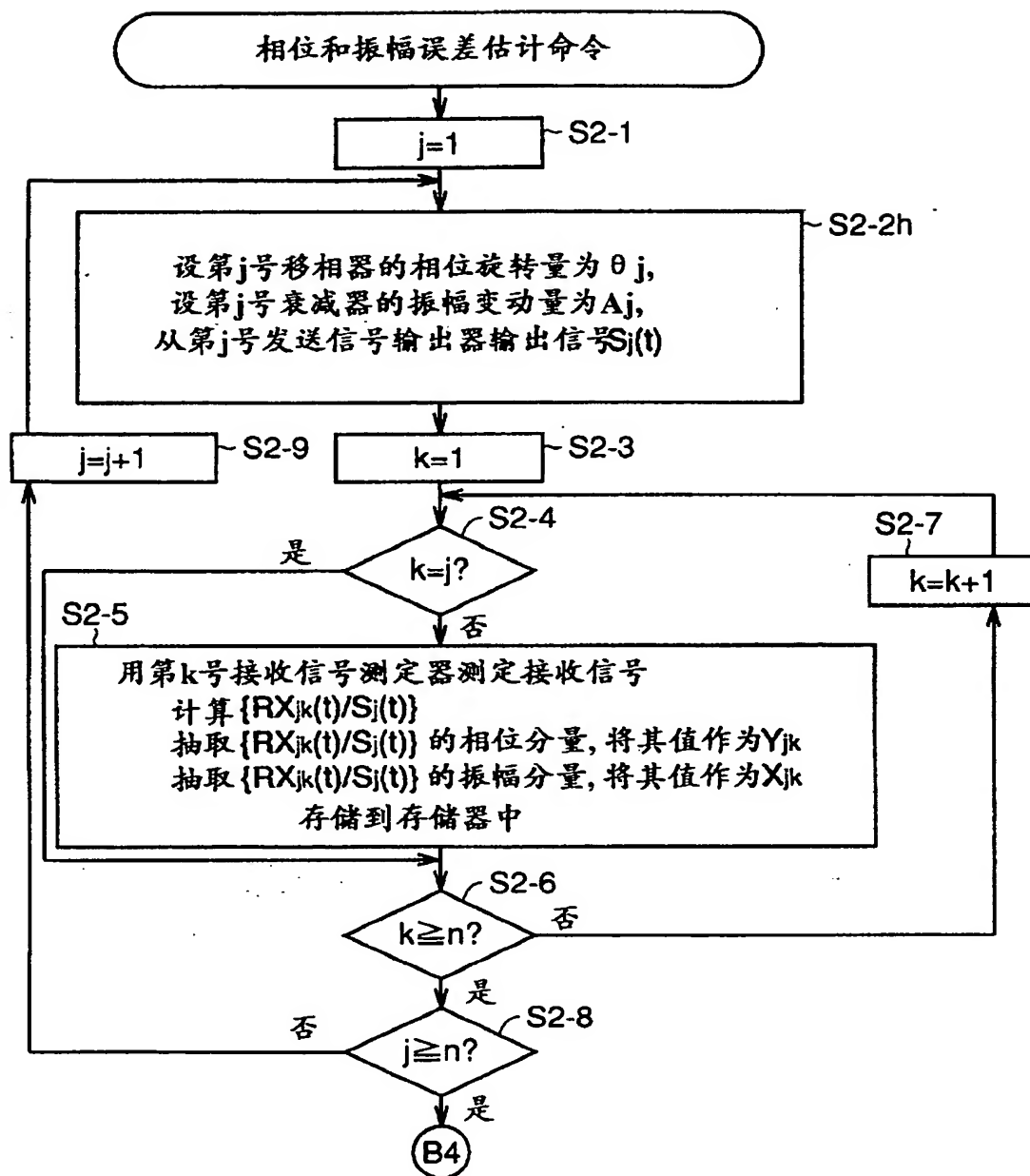


图 58

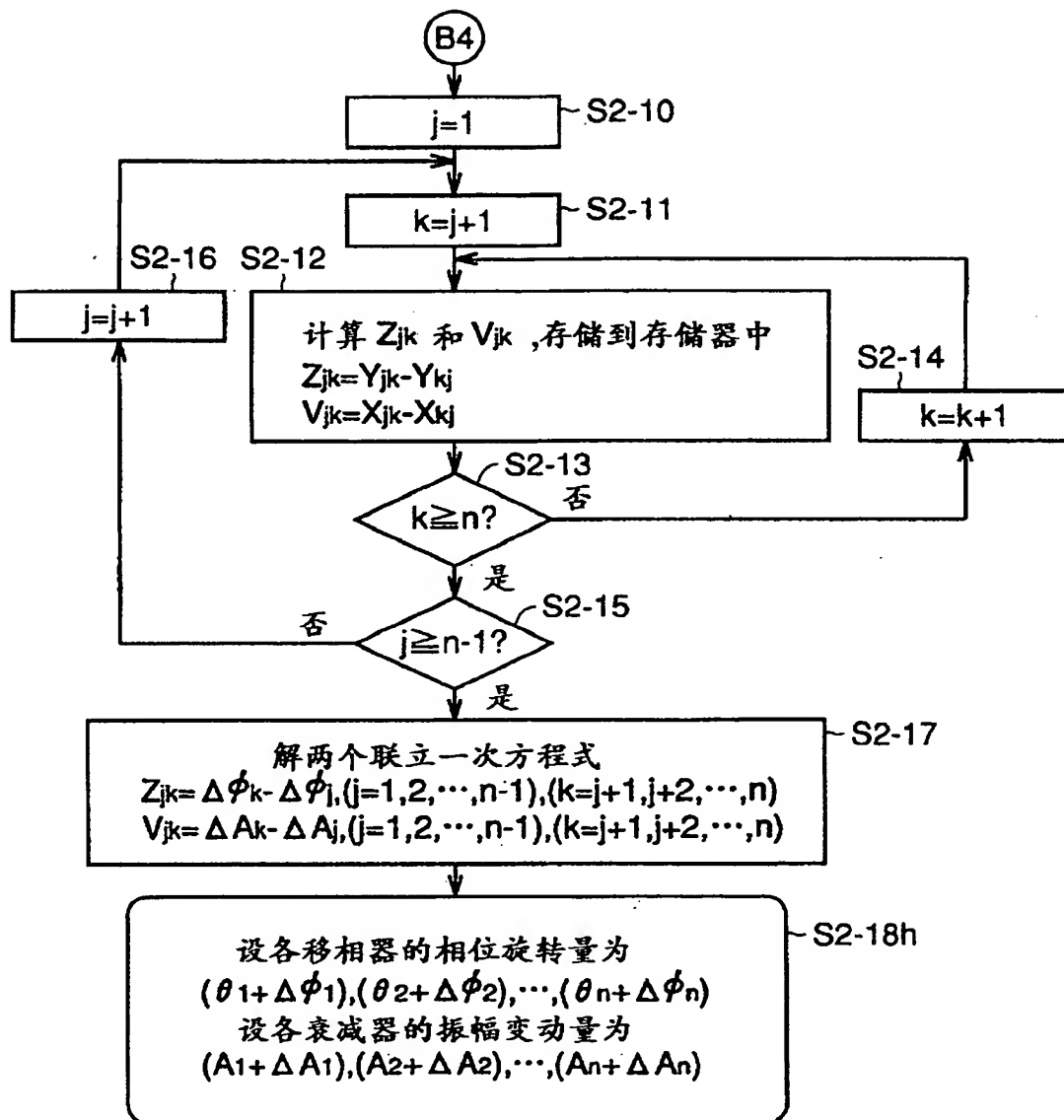


图 59

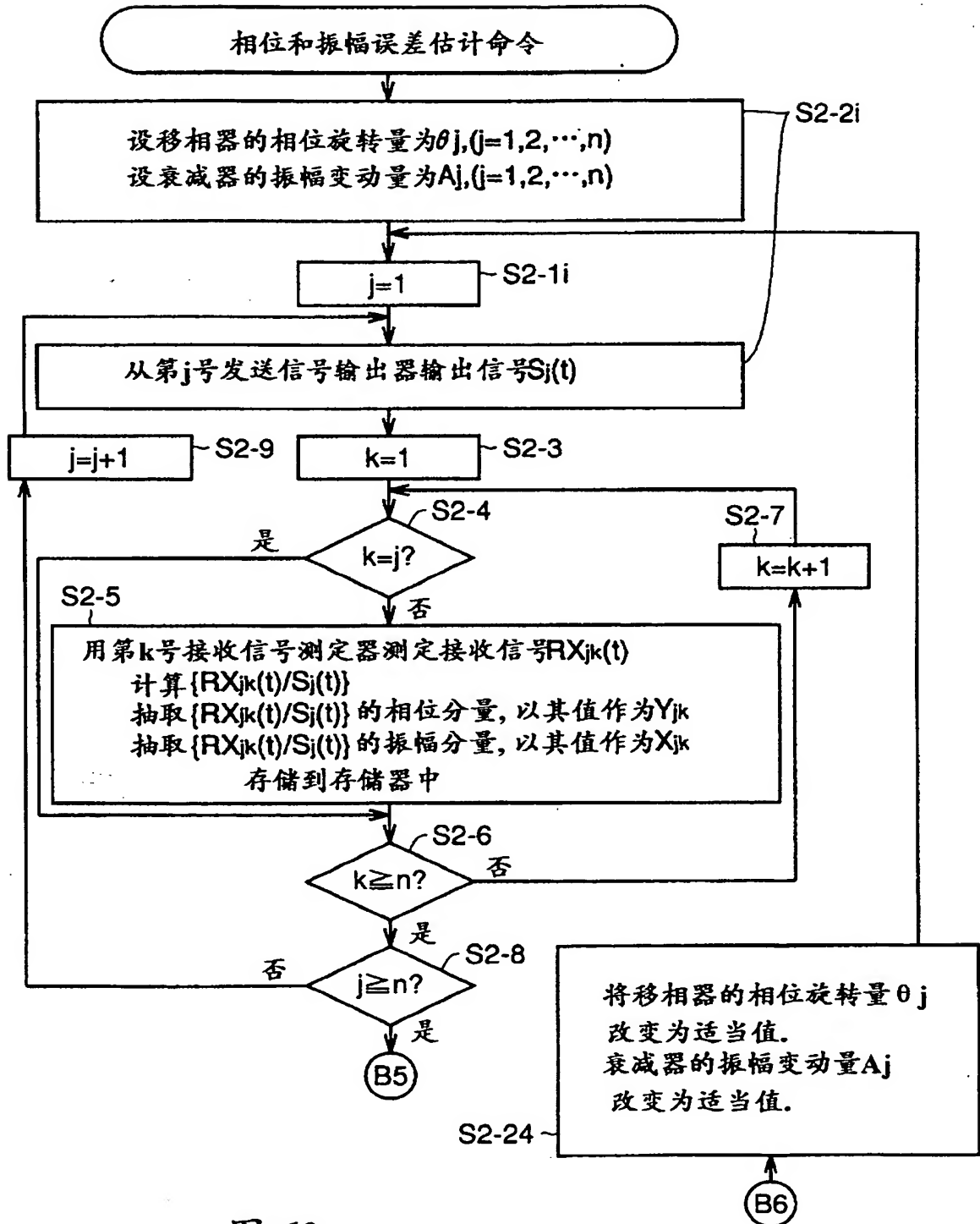


图 60

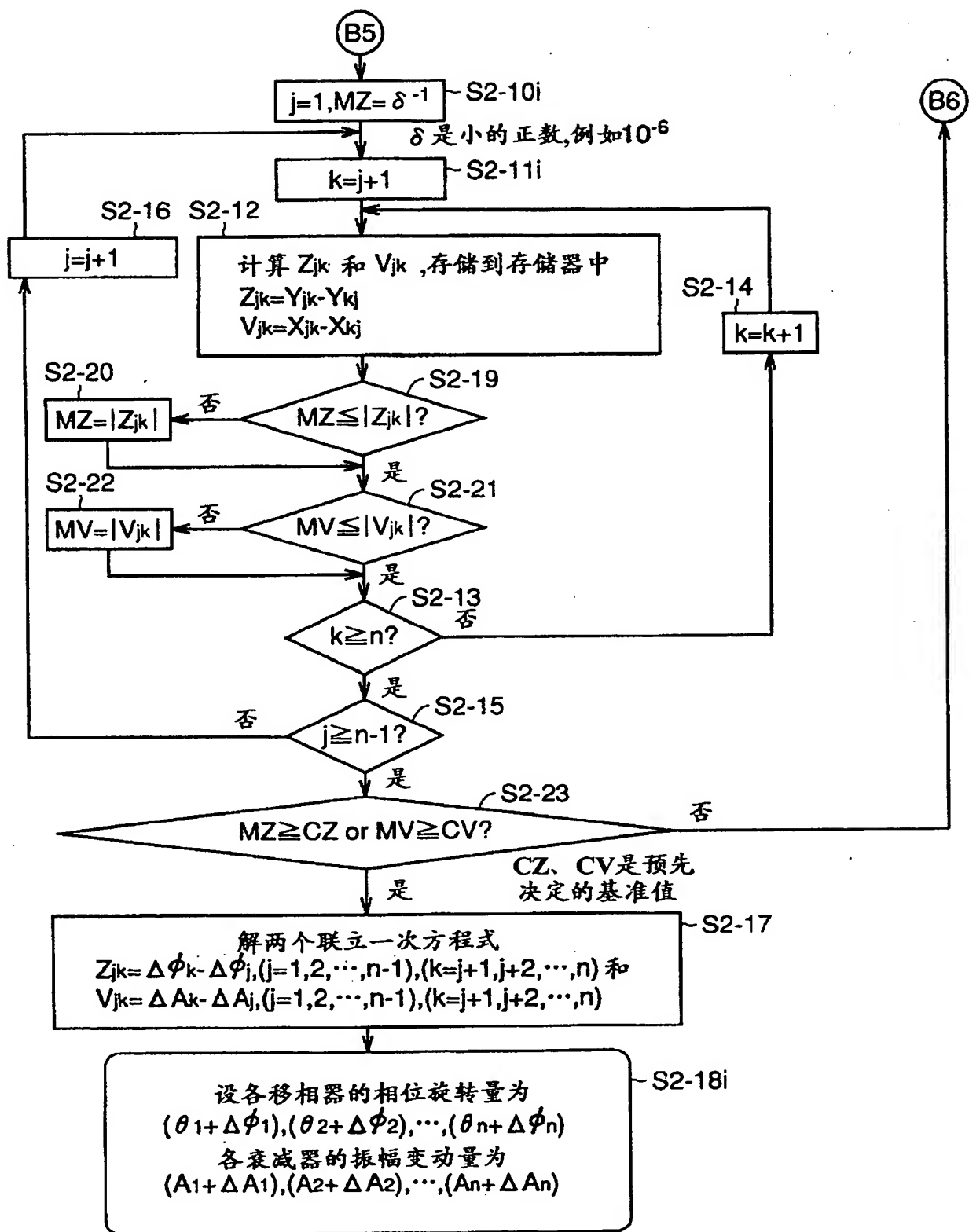


图 61

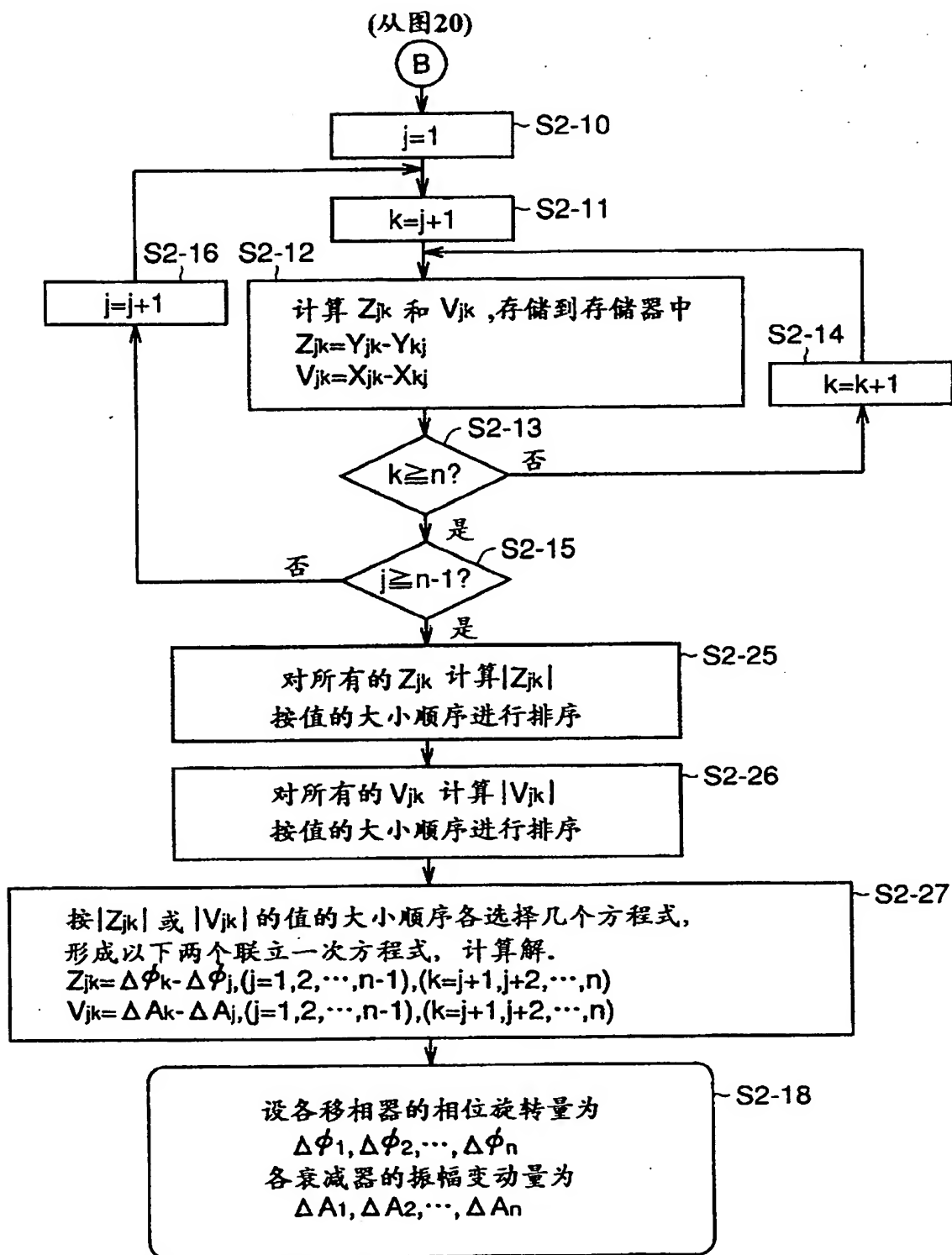


图 62

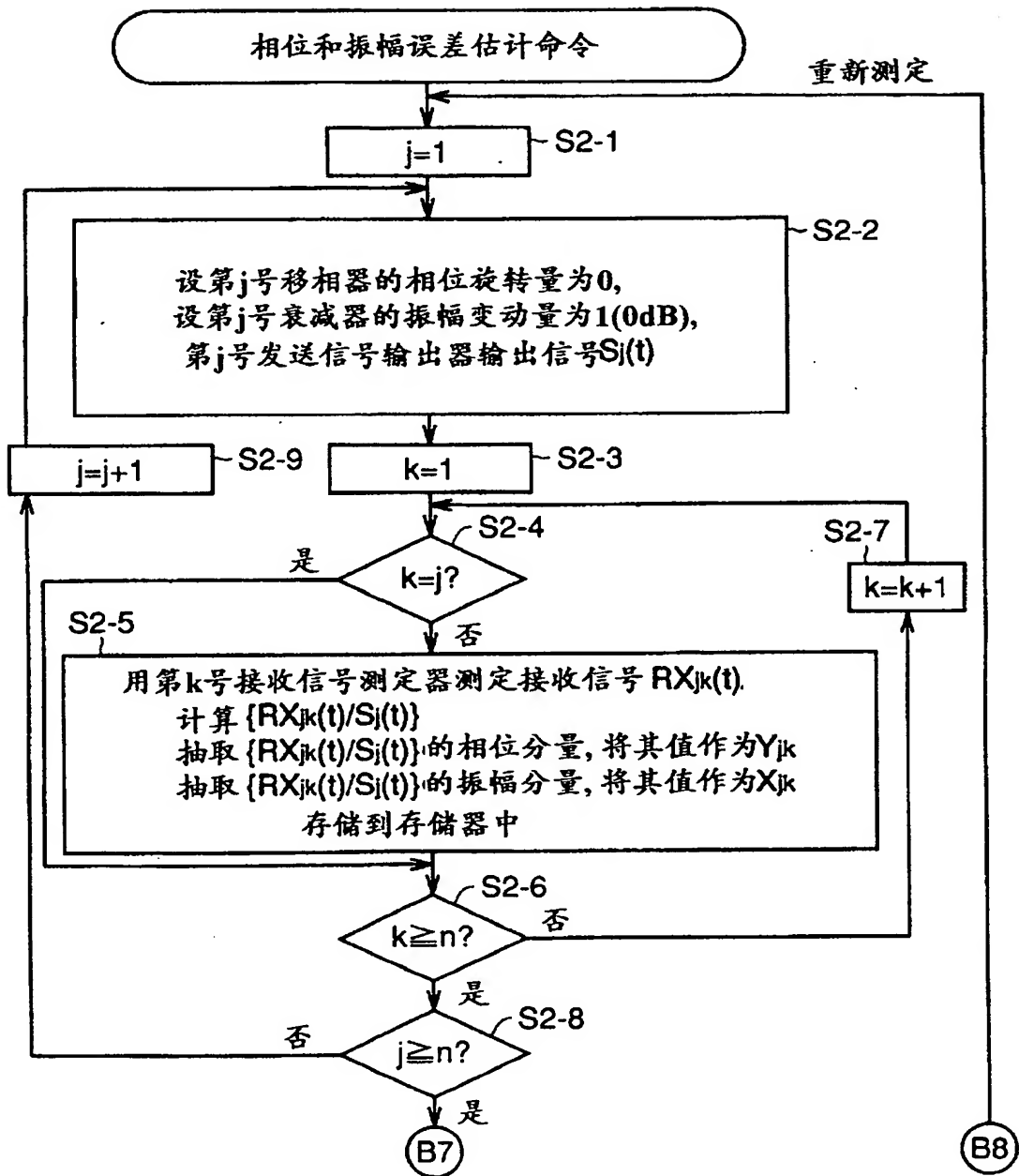


图 63

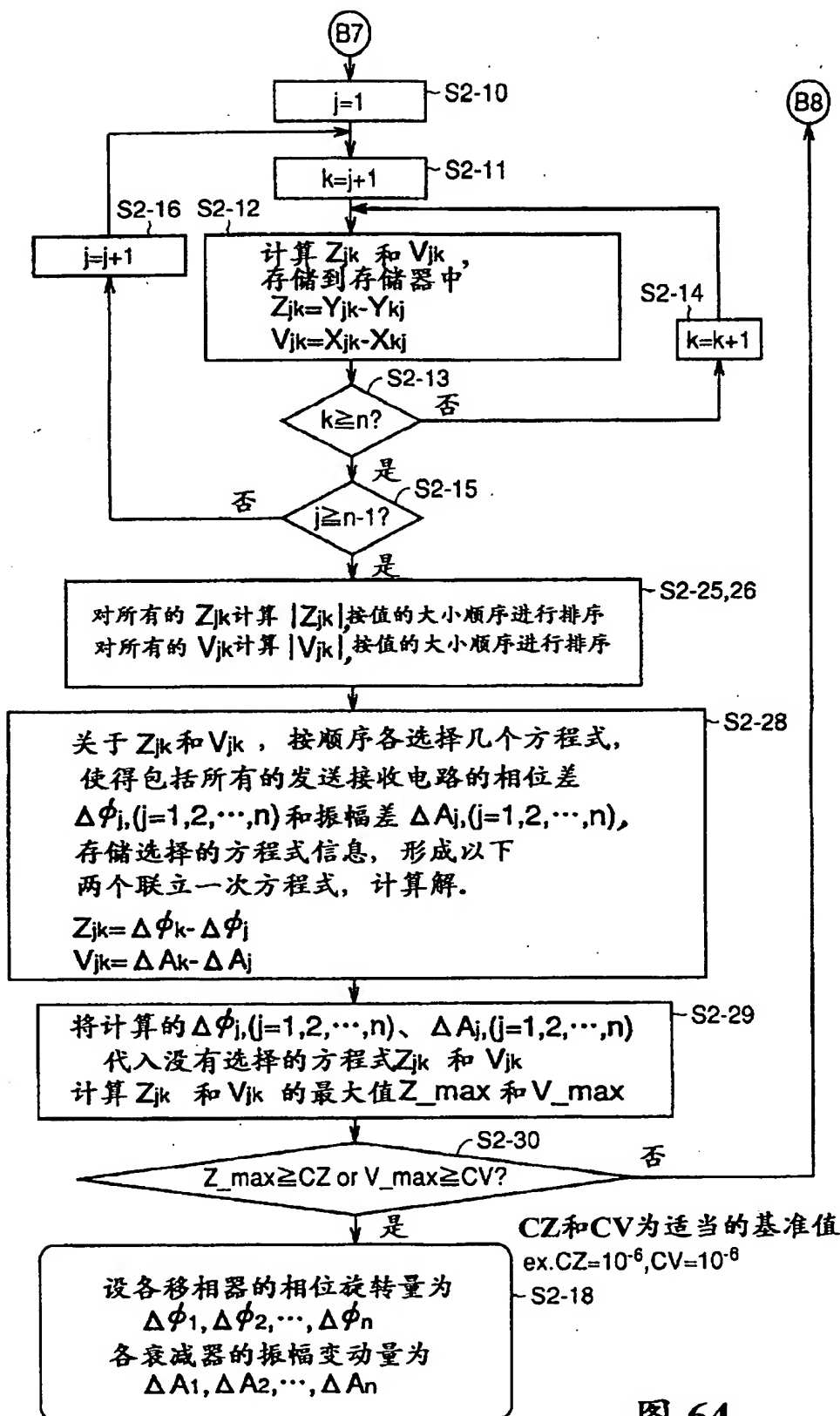


图 64

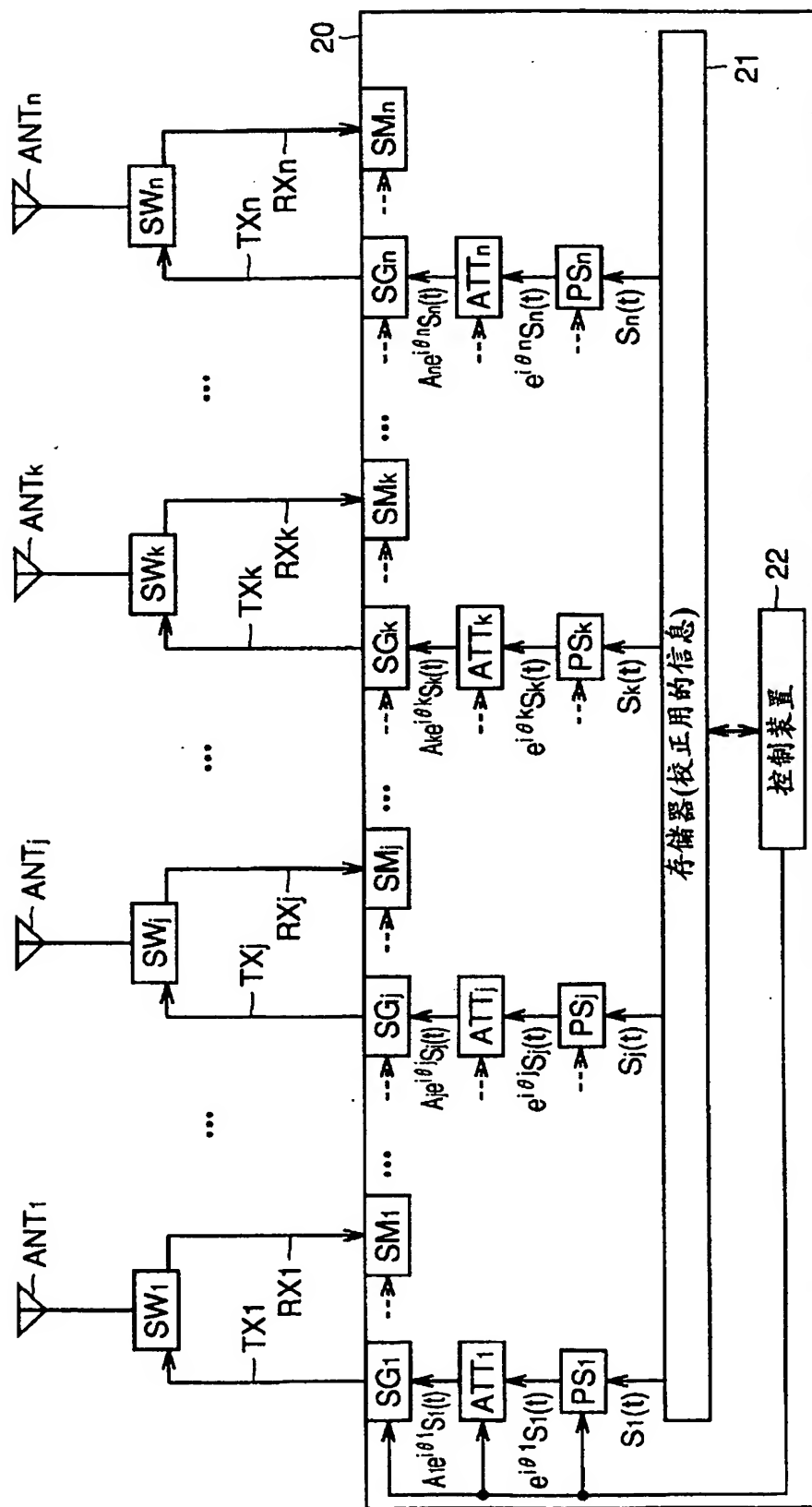


图 65

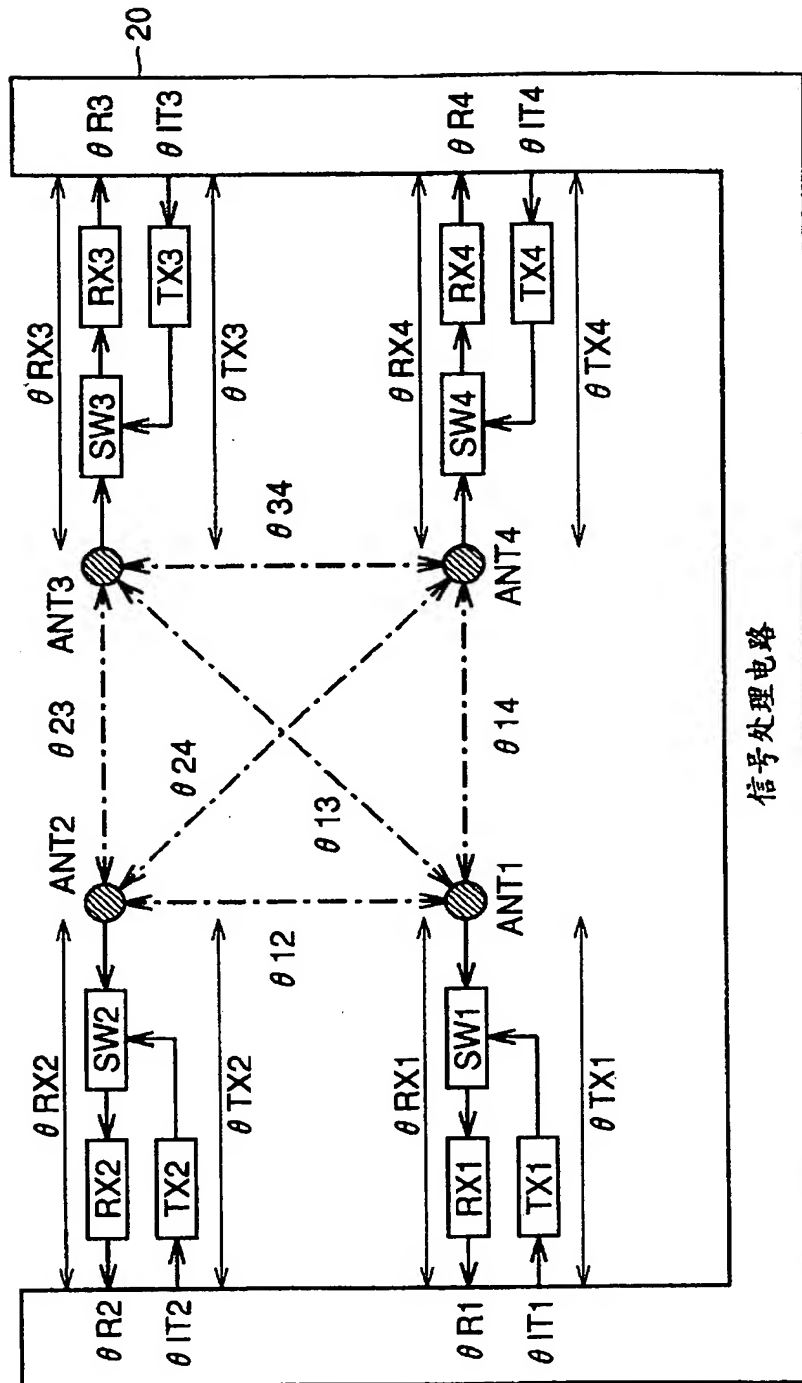
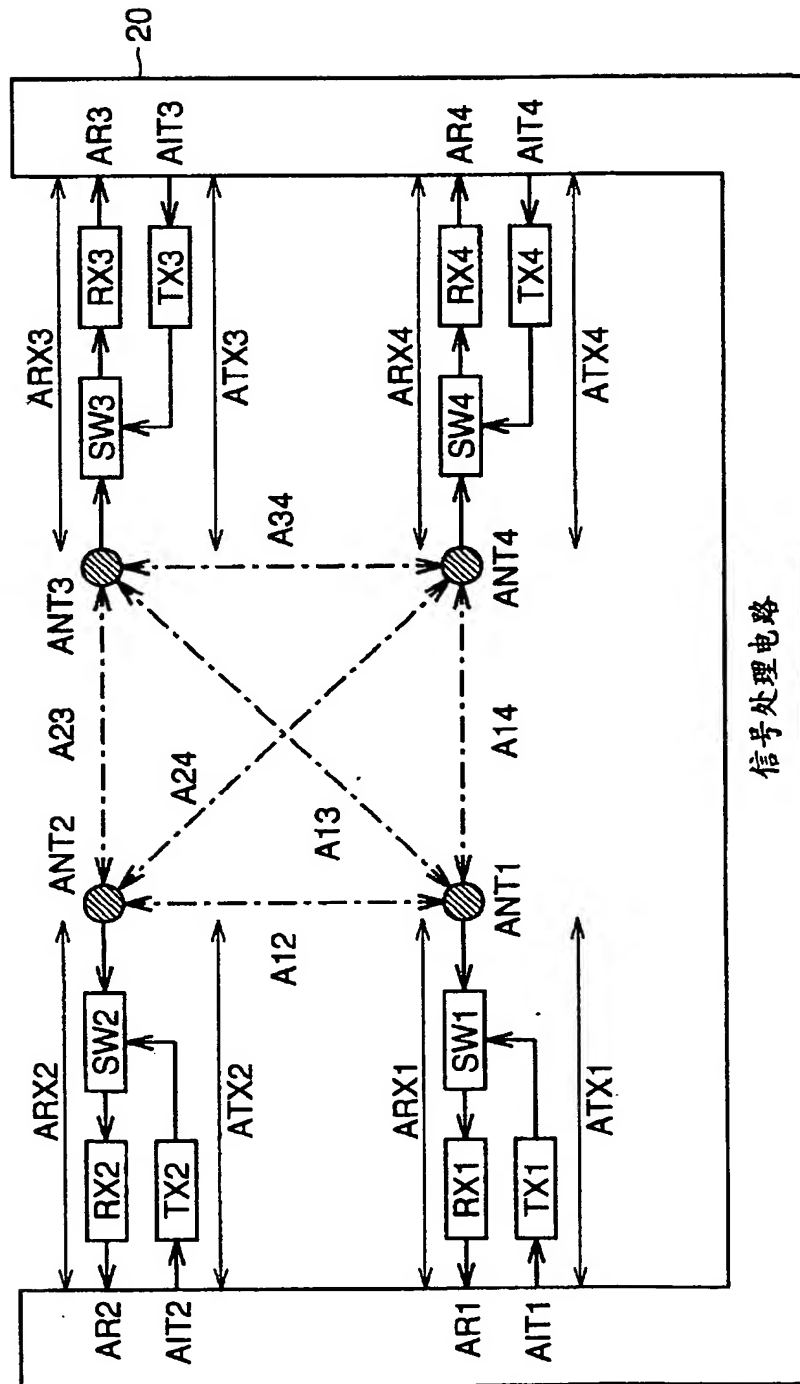


图 66



信号处理电路

图 67

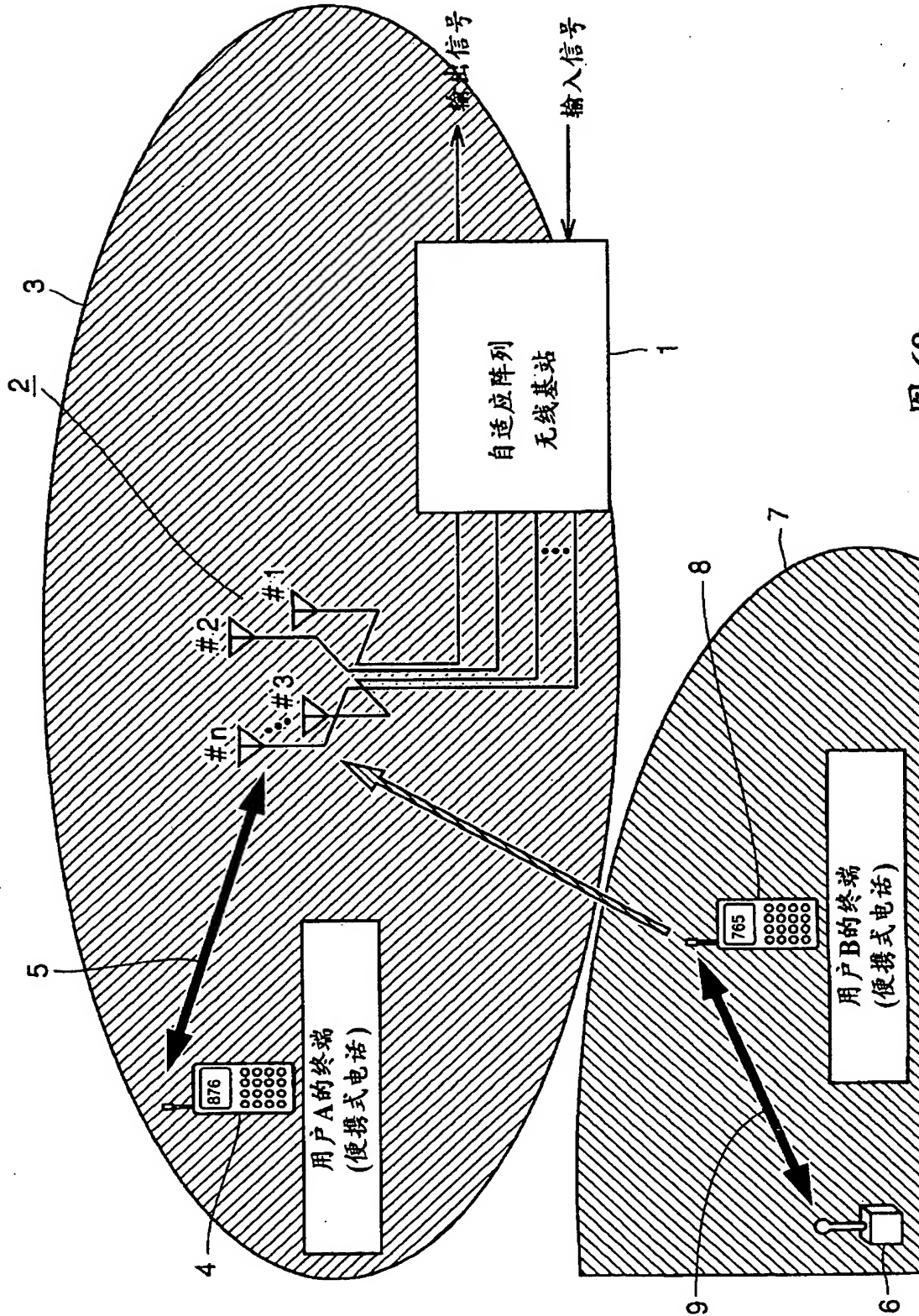


图 68

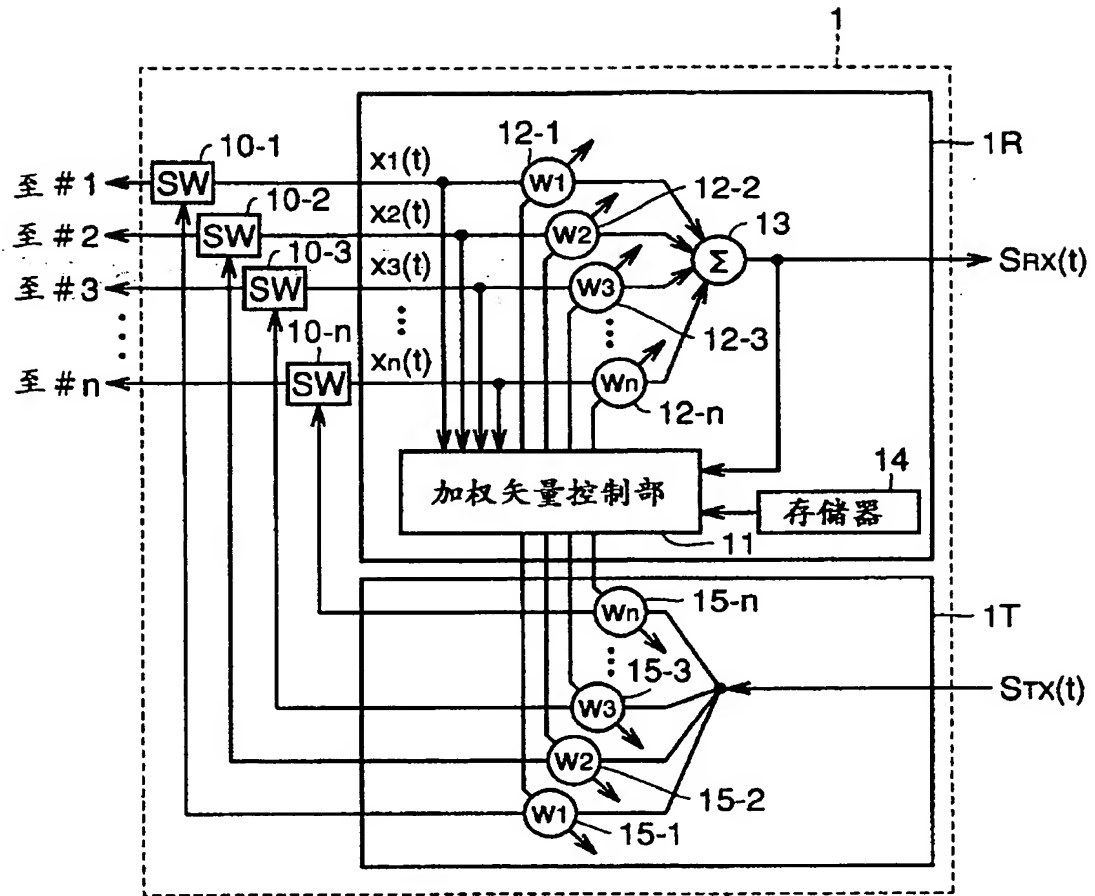


图 69

1	0	...	1	0	1	...	0	1
前置码 (对于无线基站来说, 已知的信号系列)			数据(声音等) (对于无线基站来说, 未知的信号系列)					

图 70

01.04.03

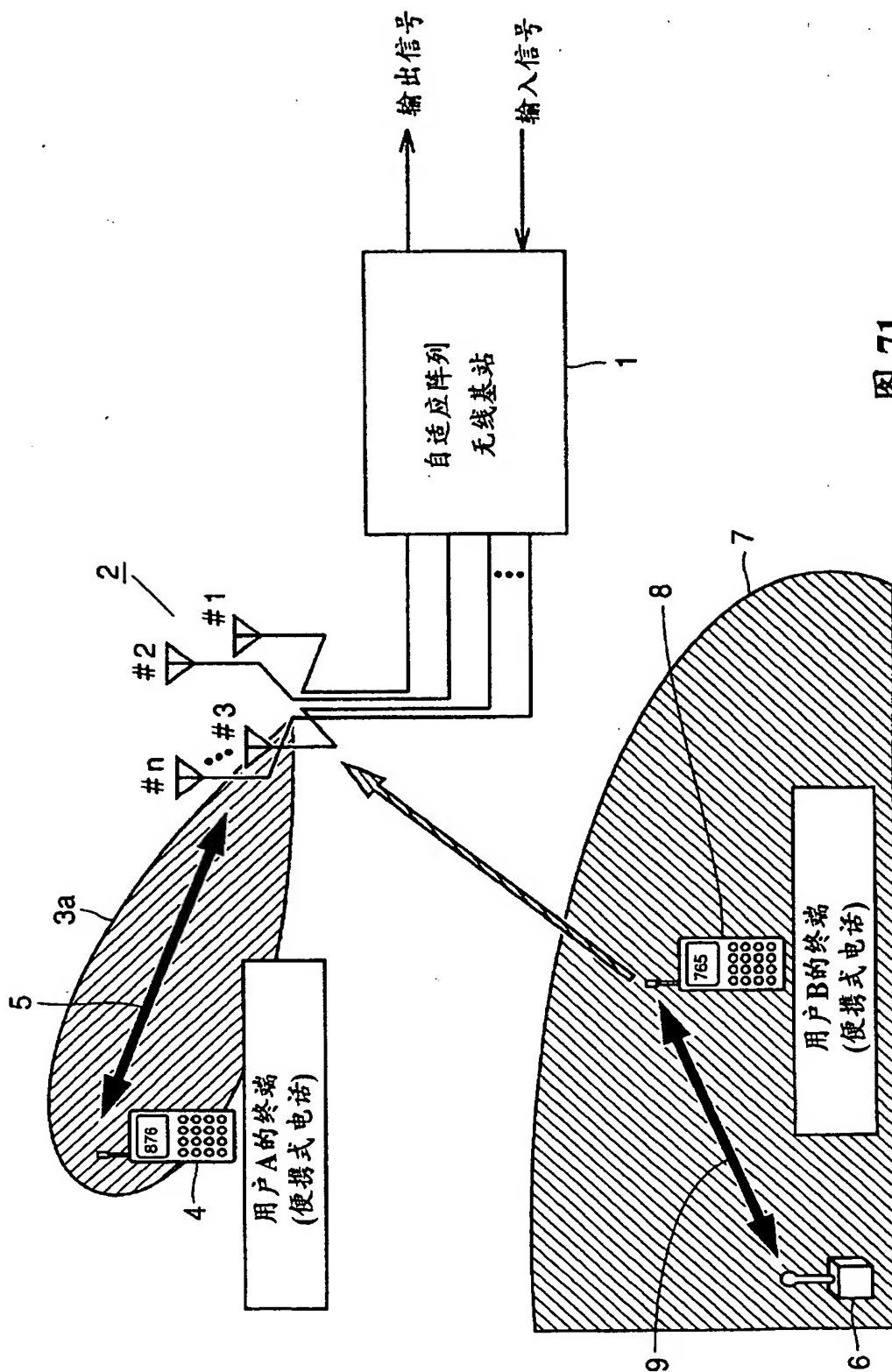


图 71